



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA NOSNÉHO RAMENE

MANUFACTURING OF THE SUPPORT ARM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ivo Melichar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Ivo Melichar**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Podaný, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba nosného ramene

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby nosného ramene z ocelového plechu, které slouží ke spojení dvou dílů zásuvky u nábytkové skříňky – spojuje čelo zásuvky s bočnicí. Součástka je plochého tvaru s několika otvory a bude vyráběna technologií stříhání a ohýbání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

- zhodnotit technologičnost nosného ramene,
- provést rozbor možných technologií výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti,
- vypracovat aktuální literární studii se zaměřením na zvolenou technologii,
- zpracovat návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty,
- navrhnout a popsat tvářecí nástroj včetně základní výkresové dokumentace,
- provést technicko–ekonomické hodnocení.

Seznam doporučené literatury:

MARCINIAK, Zdislaw, John L. DUNCAN a Jack S. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s.

HELLWIG, Waldemar a Erwin SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

MELICHAR Ivo: Výroba nosného ramene

Práce předkládá návrh technologie výroby nosného ramene sloužícího pro zajištění polohy a tuhosti čelní desky vůči kovové zásuvce v kontejnerovém boxu. Rameno je vyráběno z konstrukčního ocelového plechu o tloušťce 2 mm a jakosti dle ČSN 411331, ve výrobní sérii 14 700 ks/rok levé modifikace a 14 700 ks/rok pravé modifikace. Po posouzení jednotlivých variant výroby byla vybrána technologie stříhání v postupovém a ohýbání v jednoduchém nástroji. Na základě literární studie problematiky stříhání a ohýbání byl navržen optimální postup výroby ramen. Po provedení konstrukčních, technologických a kontrolních výpočtů pro jednotlivé technologie byly navrženy nástroje, pro které byla vypracována technická dokumentace. Pro technologii stříhání byl zvolen výrobní lis od firmy Andritz Kaiser s označením PV120F/1. Pro druhý krok výroby – technologii ohýbání, byl zvolen lis od firmy Šmeral Brno a.s. s výrobním označením LEN 63. Oba tyto lisy splňují požadavky z hlediska velikosti tvářecí síly i rozměrů nástroje. Po posouzení ekonomičnosti výroby byly stanoveny náklady na výrobu jednoho kusu s uvažovaným ziskem 30 % na 28,47 Kč. Bod zvratu, kdy se výroba stává ziskovou byl zjištěn po vyrobení 18 121 ks.

Klíčová slova: nosné rameno, ocel 1.0330, stříhání, ohýbání, postupový střížný nástroj, jednoduchý ohýbací nástroj

ABSTRACT

MELICHAR Ivo: Manufacturing of the support arm

The thesis introduces a design for the technology of manufacturing the supporting arm used for positioning and rigidity of the front plate in relation to the metal socket in the container box. The arm is made of a 2 mm thick steel sheet and of a quality according to ČSN 411331 in a production series of 14,700 units / year of the left modification and 14,700 pieces / year of the right modification. After the assessment of individual production options, the cutting technology in a progressing tool and bending technology in a simple tool were selected. Based on a literary study on cutting and bending, an optimal process of arm manufacturing was proposed. After the design, technological and control calculations for individual technologies, the tools were designed, and the technical documentation for those tools was developed. For the cutting technology, an Andritz Kaiser press with a PV120F / 1 labelling was selected. For the second production step, bending technology, a press from Šmeral Brno a.s. with a LEN 63 labelling was selected. Both of these presses meet the requirements of both the forming force and the tool dimensions. After the economy of production was assessed, production costs of one piece were determined with a 30 % profit assumed to 28.47 CZK. The turning point when production became profitable was found after the production of 18,121 units.

Keywords: Supporting arm, steel 1.0330, cutting, bending, progress cutting tool, simple bending tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MELICHAR, Ivo. *Výroba nosného ramene*. Brno, 2018. 46 s, 5 výkresů, 17 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci na téma Výroba nosného ramene jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 25. 5. 2018

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D. za cenné připomínky týkající se zpracování bakalářské práce, dále také panu Aleši Holubovi za vstřícnost a ochotu při vypracovávání praktické části této práce. Děkuji rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

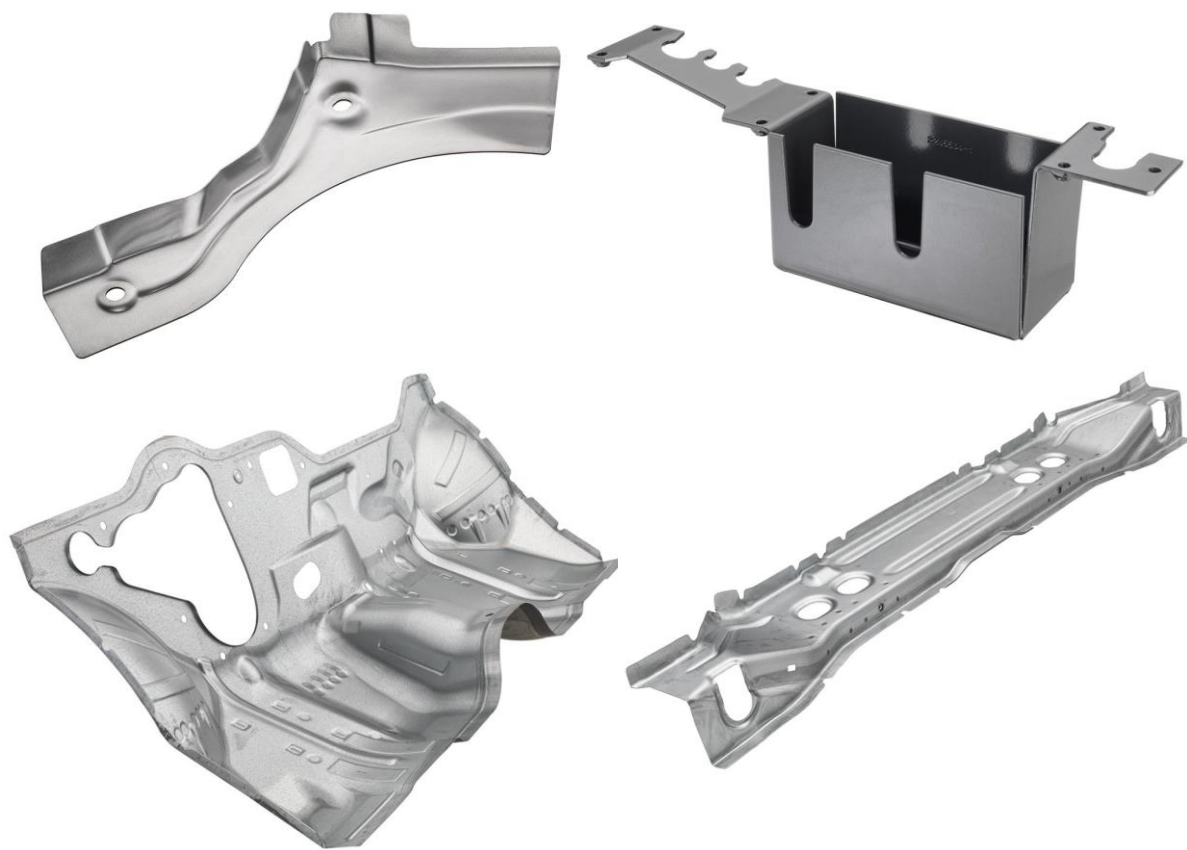
Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI	10
1.1 Volba technologie výroby	13
2 TECHNOLOGIE STŘIHÁNÍ A OHÝBÁNÍ	16
2.1 Stříhání v nástroji	16
2.1.1 Vůle a plocha	16
2.1.2 Síla a práce	17
2.1.3 Rozmístění výstřižků	18
2.1.4 Nástroje a jejich části	19
2.2 Ohýbání v nástroji	21
2.2.1 Výchozí polotvar	22
2.2.2 Odpružení materiálu	22
2.2.3 Minimální a maximální poloměr	23
2.2.4 Síla a práce	23
2.2.5 Nástroje a jejich části	24
2.3 Stroje	25
2.4 Technologičnost součástí	26
3 VÝROBA SOUČÁSTI	27
3.1 Stanovení rozvinutého tvaru	27
3.2 Volba polotovaru	28
3.3 Postup výroby stříháním v nástroji	31
3.3.1 Výpočty	31
3.3.2 Popis nástroje a volba výrobního stroje	35
3.4 Postup výroby ohýbáním v nástroji	38
3.4.1 Výpočty	38
3.4.2 Popis nástroje a volba výrobního stroje	41
3.5 Povrchová úprava	43
4 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	44
5 ZÁVĚRY	46
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratek	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	
Seznam výkresů	

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6]

Ve strojírenství lze kovové součásti vyrábět různými technologiemi. Nejvíce využívané jsou odlévání, svařování, obrábění a tváření. Při volbě výrobní metody je zapotřebí posoudit několik faktorů. Těmi jsou materiál, sériovost, náklady na výrobní zařízení a tvarová, rozměrová přesnost výrobku.

Tváření patří mezi nejstarší technologii zpracování kovů a jejich slitin. Lidstvo ji využívá více než 4.000 let. Oproti ostatním technologiím pro zpracování kovů se vyznačuje sníženými náklady na spotřebu materiálu a energie při výrobě součástí. Řadí se tedy mezi vysoce produktivní výrobní metody. Hojně je využívána při velkosériové výrobě z důvodu vysoké pořizovací ceny nástroje. Výhodou je dosažení požadovaných tvarů s předepsanou přesností rozměrů, drsností povrchu, ale i mechanicko-fyzikálních vlastností. Podstatou je vznik plastických deformací vlivem působení sil na materiál.

Technologie tváření je rozdělena na plošné a objemové. Při objemovém tváření dochází ke procesu ve všech směrech objemu materiálu. Do této skupiny lze zařadit například kování, pýchování, protlačování. Polotovary jsou zde používány ve formě např. špalíku. Naopak plošné tváření je proces, při kterém nedochází ke změně tloušťky materiálu. Mezi hlavní technologie lze zařadit tažení, stříhání a ohýbání. Polotovary pro výrobu jsou plech ve formě tabule nebo svitku. Příklady plošně tvářených součástí jsou na obr. 1.



Obr. 1 Ukázka plošně tvářených součástí [6]

1 ROZBOR SOUČÁSTI [1], [7], [8], [9], [10], [11], [23], [24], [25], [26]

Řešená součást je nosné rameno a je částí kancelářského kontejneru, které firma Hettich zařazuje do své nabídky. Společnost Hettich je jedním z největších celosvětových výrobců nábytkového kování. Sídlem a domovem rodinného podniku je Kirchlingern, Německo. Byla založena roku 1888. Společnost má 38 poboček a výrobních závodů v Německu, USA, Španělsku, České republice, Indii a Číně. Firma Hettich ČR k.s. úzce spolupracuje s nábytkářským průmyslem, výrobci bílého zboží, prodejci kování a řemeslníky. Výrobní podnik v České republice sídlí ve Žďáru nad Sázavou. Pobočka se zabývá výrobou zásuvkových komponentů a jejich výroba je realizována od konstrukčního návrhu nástrojů až po vlastní výrobu a expedici. Hlavní technologií využívanou ve výrobě komponentů je technologie plošného tváření a dílčí montáže.

Kancelářský kontejner lze nalézt nejčastěji v průmyslových kancelářích (obr.2, je označen červeným zakroužkováním). Kontejner je určen pro ukládání dokumentů a cenných předmětů. Je opatřen bezpečnostním zámekem na klíč nebo číselný kód. Výrobní řada se nazývá Systema Top 2000. Vyznačuje se vysokou bezpečností uschovaných věcí proti krádeži a užitným zatížením jednotlivých vnitřních zásuvek. Vnitřní prostor je vyráběn z ocelového plechu, vnější plášť je obložen dřevotřískovým obkladem v různých tloušťkách a dekoru.



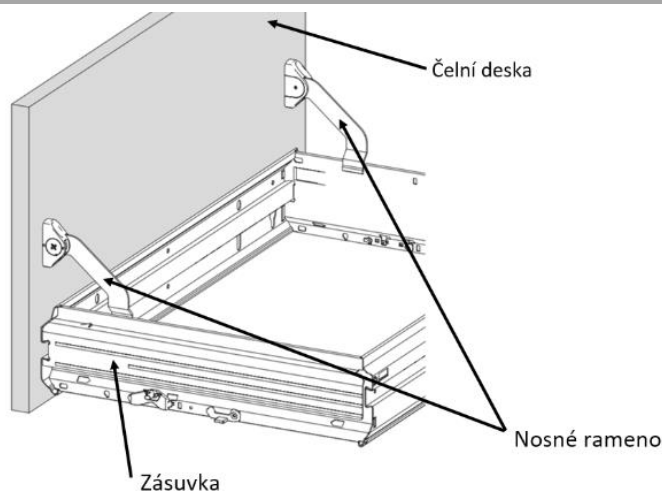
Obr. 2 Umístění kancelářského kontejneru [23]

Řada výrobků Systema Top 2000 je vyráběna v několika typech uspořádání. Uspořádání se od sebe liší počtem zásuvek, jejich velikostí a provozním zatížením. Jednou z nabízených variant je box se spodní zásuvkou na papírové složky (obr. 3) s rozměry zásuvky 550 mm šířka, výška 450 mm a délka 650 mm. Při atestacích byla zjištěna závada, že při výsuvu plně zatížené zásuvky dochází k vyvrácení čelní dřevěné desky. Tato závada vede k vytržení vrutů mezi ocelovou konstrukcí a čelní deskou. Nedostatek je odstraněn navrženým konstrukčním prvkem. Prvek s názvem nosné rameno plní funkci výztuhy proti vyštípnutí vrutů. Konstrukční a designový tým firmy stanovil umístění s ohledem na komfort používání.

Pozice dílu je zvolena na boční strany zásuvek, jak je patrné z obrázku č. 4. Bylo tak učiněno z důvodu snadného vkládání papírových složek. Aby nedocházelo ke kontaktu nosného ramene s vkládanou složkou. Ramena je tedy zapotřebí vyrábět v modifikaci pravé a levé. Jednotlivé varianty jsou na obr. 5, kde jsou také

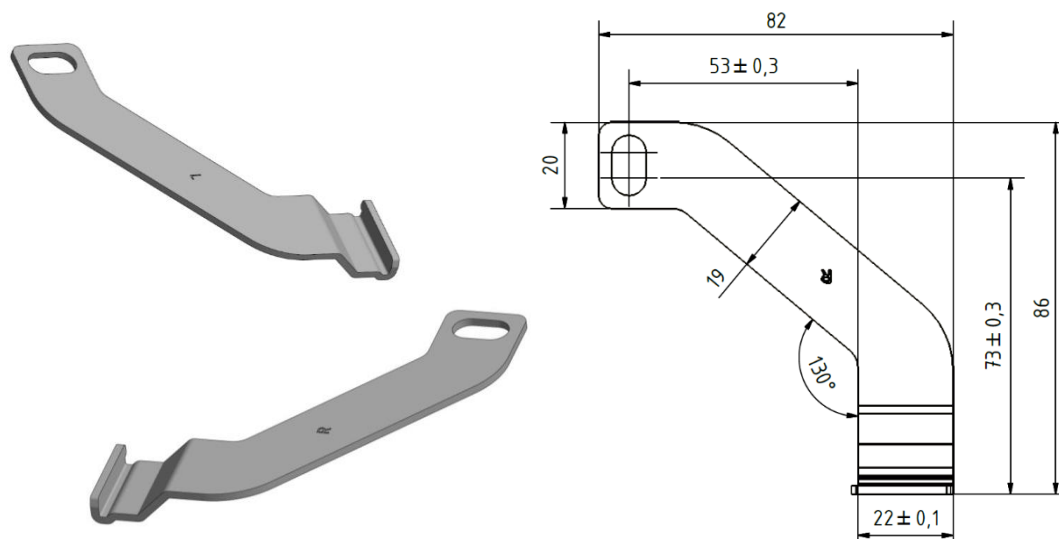


Obr. 3 Box na papírové složky [24]



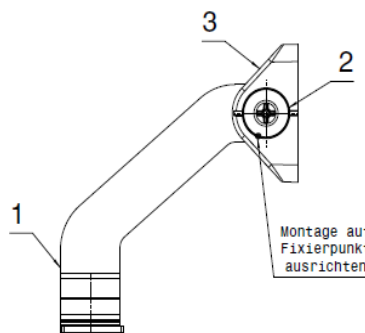
Obr. 4 Umístění nosného ramene [7], [8]

ramene napomáhá k pohodlnému vkládání dokumentů. Při návrhu bylo také zapotřebí dbát na celkový estetický vzhled výrobku a následného montážního celku. Vrchní konec dílu je osazen drážkou sloužící k upevnění k čelní desce. Její pozice je zakótována na obrázku 5. Nejvíce stěžejními rozměry na dílcích lze právě označit rozměry pozice drážky. Šířková pozice drážky je $53 \pm 0,3$ a výšková pozice $73 \pm 0,3$. Tyto rozměry jsou stěžejní z důvodu správné pozice montáže. Na spodní části je vyhotoven ohyb pro upevnění k ocelové konstrukci. Konstruktivní prvky na koncích dílů byly voleny s ohledem na snadnou montáž, případně demontáž. Mění se šířka v průběhu profilu dílu je volena jak z estetického hlediska, tak i pevnostního a funkčního.

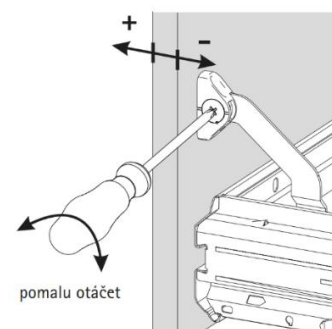


Obr. 5 Levé a pravé nosné rameno [26]

Upevnění dílu k dřevotřískové čelní desce je navrženo pomocí plastového dílu. Na obrázku 6 je vyobrazena montáž plastového artiklu (3) pomocí excentru (2) s navrhnutým nosným ramenem (1). Spojení těchto dílů proběhne za pomoci drážky a díry pro excentr. Na navrhnutém rameni bude vytvořena drážka a na plastovém dílu otvor. Oba díly budou vzájemně zalisovány.



Obr. 6 Montážní podsestava [26]

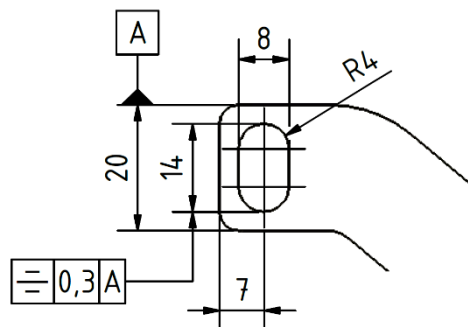


Obr. 7 Seřízení úhlu čelní desky [7], [8]

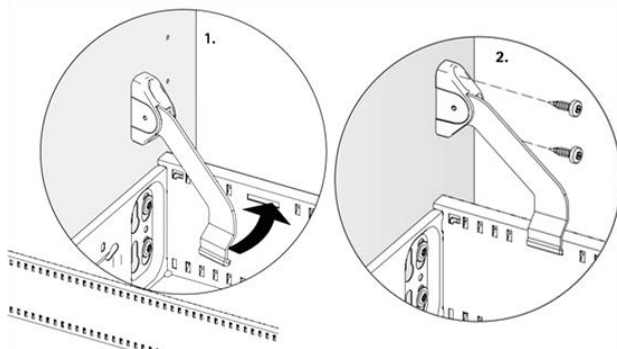
Excentr na montážní jednotce byl navrhnout z důvodu jemného seřízení úhlu mezi čelní deskou a dnem zásuvky, které činí plus mínus dva stupně je zobrazeno na obr. 7.

Drážka pro excentr (obr. 8) je oválného tvaru. Šířka drážky je 8 mm. Délka drážky činí 14 mm. Konce drážky jsou zakončeny rádiusem R4. Drážka je umístěna 3 mm od okraje. Na drážku je požadována souosost v toleranci 0,3 od základny A, která se nachází na vnější straně dílu. Tolerance je stěžejná s ohledem na funkci a rozsah seřizování úhlu.

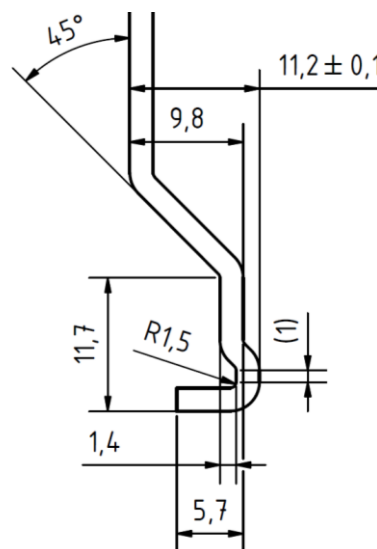
Upevnění nosného ramene k bočnici zásuvky je navrženo tvarovým stykem. Tento spoj je řešen ohnutím konce ramene. Ohyb zajišťuje pozici dílu vůči bočnici. V bočnici bude vyhotovena drážka pro zasunutí ohnutého ramene. Montážní postup je uvažován tak, že v prvním kroku dojde k nacvaknutí dílu do bočnice a následně bude montážní podsestava přišroubována k dřevotřískové čelní desce za pomoci vrutu (obr. 9).



Obr. 8 Drážka excentru



Obr. 9 Montážní postup [25]



Obr. 10 Ohyb nosného ramene

Na obrázku 10 je zobrazen návrh ohýbu dílu. První ohyb je pod úhlem 45° v délce 9,8 mm. Ohyb kompenzuje šířku ocelové zásuvky. Následuje rovný úsek. Poté je požadován ohyb 45° a je zapotřebí tímto ohybem zajistit velikost rovinného úseku v délce 1 mm a šířky vyhnutí materiálu 11,2 mm s tolerancí $\pm 0,1$. Rozměr 1 mm je označen referenční kótou na náčrtu. Rovinná část je zakončen kolmým ohybem v délce 5,7 mm. Rovinný úsek 5,7 mm bude následně při montáži zasouván do drážky zásuvky.

Nosné rameno bude vyráběno v sérii 14 700 ks/rok levé modifikace a 14 700 ks/rok pravé modifikace z plechu o tloušťce 2 mm. Součást vznikne vyhotovením rozvinutého tvaru dílu a následným tvarováním pěti ohýbů. V požadavcích zákazníka nejsou uvedeny žádné zvýšené požadavky na geometrické či rozměrové přesnosti. Zakótované tolerance nejsou nijak zvlášť přesné a je tedy možné uvažovat výrobu na konvenčních a ne nijak speciálních strojích a nástrojích. Ostatní rozměry dílu se řídí, dle normy ČSN ISO 2768-1. Při volbě materiálu musí být zváženo několik faktorů jako například pevnostní požadavky, pracovní prostředí a požadavky zákazníka. Při konzultacích bylo zjištěno, že na díl nejsou kladeny žádné zvýšené pevnostní nároky.

Bylo zapotřebí zvážit volbu materiálu z korozi-vzdorné nebo konstrukční nelegované oceli. Při výrobě dílů z korozi-vzdorné oceli by byly vyšší náklady na pořízení materiálu, ale následné ušetření na povrchové úpravě. Při volbě konstrukční nelegované nejsou velké pořizovací náklady na materiál, ale je zde zapotřebí povrchová úprava dílu. Rozhodující faktor při volbě materiálu na

výrobu nosného ramene měl zákazník, který požadoval díl lakovat do černé barvy. Bylo tedy zapotřebí posoudit vhodnost jednotlivých materiálů k lakování. V mateřské firmě proběhlo několik atestací. Jako nejvhodnější materiál byl zvolen DC01, dle DIN 1.0330 (ČSN 411331). Jedná se o ocel konstrukční vhodnou pro tváření za studena. Materiál se vyznačuje dobrou tvářitelností, je vhodný pro výrobu drobných dílů jako například stavební, nábytkové kování, žaluzie, oka, páky, rukojeti apod. Mechanické a chemické složení oceli je uvedeno v tab. 1. Materiál je vhodný i pro následnou povrchovou úpravu práškovým lakováním.

Tab. 1 Základní mechanické vlastnosti a chemické složení oceli DC01 [9], [11], [26].

Materiál	Ocel DC01 (1.0330, 11 331)			
Mechanické vlastnosti	Mez pevnosti min. Rm [MPa]		Mez kluzu Re [MPa]	Tažnost A [%]
	270-410		170-280	28
Chemické složení	Uhlík-C [%]	Fosfor-P [%]	Síra-S [%]	Mangan-Mn [%]
	max. 0,120	max. 0,045	max. 0,045	max. 0,600

1.1 Volba technologie výroby [1], [2], [4], [5], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38]

S ohledem na malosériovou výrobu lze součást vyrábět dvěma technologiemi. V první metodě výroby proběhne zhotovení rozvinutého tvaru ramene, polotovar bude tabule nebo svitek plechu. Je tedy zapotřebí porovnat následující technologie pro první operaci výroby.

- Řezání laserem (obr. 11) - podstatou funkce laseru je soustředění energie laserového paprsku na malou plochu do místa řezu. Při dopadu energie záření dochází k přeměně této energie na energii tepelnou. V místě řezu probíhá spalování nebo protavování řezaného materiálu. Výhody této technologie, s ohledem na vyráběnou součást, lze spatřit ve vhodnosti materiálu k řezání, odpovídající tloušťkou 2 mm. Předností je také přesnost řezání v desetinách milimetru a drsnost řezných ploch Ra 1,6. Do nevýhod se řadí velikost vyráběné série činící 29 400 ks/rok. Byl zde uvažován i drobný rozstřík kovu, který by mohl poškodit povrch, a ten by po povrchové úpravě působil nevzhledně. Vysoké investiční náklady na pořízení stroje a následný provoz by výrazně zvýšily výrobní cenu dílu. Po posouzení výhod a nevýhod této technologie výroby se jeví jako nevhodná.



Obr. 11 Řezání laserem [12]

- Řezání plazmou (obr. 12) – podstata funkce je natavování materiálu v místě řezu a následné vyfukování taveniny plazmovým plynem. Zdroj tepelné energie je vysokotlaká plazma o vysoké teplotě a vysokém dynamickém účinku. Zvolený materiál nosného ramene je vhodný pro dělení plazmou. Řezaná tloušťka tabulí plechu 2 mm, odpovídá dle uváděných parametrů různých výrobců strojů, je tedy zřejmé, že zvolená tloušťka je vhodná. Nevýhodou je velký prorez materiálu, který by prodražil výrobu. Řezy plazmou bývají zkoseny o velikost úhlu 4 až 8 stupňů od kolmé plochy, horní hrana je zaoblena naopak na spodní hraně se nachází struska. Kvalita povrchu řezu tedy neodpovídá požadavkům, byla by tím stížená nebo nemožná montáž plastového artiklu. Metoda je nevhodná z důvodu velkých pořizovacích nákladů technologie, následného provozu a dosahované kvality řezu.



Obr. 12 Řezání plazmou [13]

- Řezání vodním paprskem (obr. 13) - principem je abrazivní porušování řezaného materiálu vodním paprskem o vysokém tlaku. Vznik vysokého tlaku kapaliny je realizován ve vysokotlakém čerpadle se speciálním zesilovačem tlaku. Řezací hlava je vybavena tryskou o malém průměru v řádu desetin milimetru. Řezaná tloušťka materiálu je v rozmezí 0,1 až 200 mm, navrhnutá tloušťka je tedy touto technologií výrobitelná. Spára řezu je dle použité trysky v rozsahu 0,1 až 1 mm a využití materiálu by tedy bylo optimální. Dosahována jakost a přesnost řezu v řádu jednotek desetin milimetru odpovídá požadavkům výkresové dokumentace. Sériovost výroby činící 29 400 ks/rok, není optimální pro zvolení této technologie s ohledem na nutnost pořízení zařízení. Výraznou nevýhodou aplikace je kontakt součásti s vodním prostředím a následný vznik koroze. S ohledem na zvolený materiál je tedy tato varianta výroby vyloučena.



Obr. 13 Řezání vodním paprskem [14]

- Vysekávání (obr. 14) - technologie pracuje na principu děrování a proražení otvorů různých tvarů za použití speciálních nástrojů. Pohyb vysekávací hlavy je řízen CNC programem. Vysekávání lze uplatnit jak při kusové výrobě, tak i při velkosériové. Materiál vhodný pro vysekávání je ocel, hliník a jeho slitiny. Tloušťky ocelových plechů, které lze použít pro vysekávání, se pohybují od 0,4 do 8 mm. Přesnost vysekávání a děrování je v toleranci $\pm 0,05$ mm. Požadovaná drsnost vysekávaných ploch odpovídá požadavkům výkresové dokumentace. Přesnost najetí stroje na startovací bod se pohybuje ve 0,02 mm. Při vysekávání složitých tvarů dochází k pokroucení plechu a je tedy nutné následně provést rovnání. S ohledem na tvarovou složitost dílu je tato hrozba reálná, a proto z důvodu nutnosti následného rovnání a pořízení vysekávacího stroje podnikem je tato varianta zamítnuta.



Obr. 14 Vysekávací stroj [15]

- Stříhání v nástroji (obr. 15) – nástroje pro stříhání se dělí na jednoduché nebo postupové nástroje. V jednoduchém nástroji je výstřižek zhotoven v jednom kroku, nejčastěji se jedná o výstřižky jednoduchých tvarů. V postupovém stříhadle se výstřižek zhotovuje postupně, a to ve dvou nebo více krocích. Principem stříhání je dělení materiálu pomocí smykového napětí v rovině stříhu. Výhodou je dosahovaná přesnost v rozmezí IT12 až IT14, drsnost povrchu střížných ploch Ra 3,2 až 6,3 a kolmost střížných hran. Materiál je vhodný pro plošné tváření, konkrétně pro stříhání, tloušťka plechu o velikosti 2 mm je touto technologií výrobitelná. Vzhledem k nutnosti výroby nástroje se velikost série jeví jako optimální. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena nástroje. Technologie svými vlastnostmi odpovídá požadavkům. Je tedy zvolena pro výrobu rozvinutého tvaru.



Obr. 15 Postupový nástroj [17]

V druhé etapě výroby nosného ramene bude zapotřebí rozvinutý tvar nosného ramene ohnout do požadovaného tvaru dle výkresové dokumentace. Pro ohyb je tedy nutné porovnat následující technologie.

- Ohyb v ohýbačce (obr. 16) – principem je založení a upevnění rozvinutého polotovaru plechu, pak následuje ohýbání pomocí páky nebo jiného pohonu. Stroj je vybaven stupnicí pro určení velikosti ohybu a jakmile je dosažena požadovaná velikost ohybu, pracovní cyklus je přerušen a díl vyjmut. Konvenční ohýbací stroj je vhodný pro rozměrné součásti v kusové a malosériové výrobě. Na ručním ohýbacím stroji bez dorazů je velmi časově náročné nastavení polohy a přesnosti ohybu. S ohledem na velikost série a tvarovou složitost dílu je tato varianta výroby nevhodná.



Obr. 16 Ruční ohýbací stroj [16]

- Ohraňování (obr. 17) - nástroj se skládá ze dvou částí – horní část nástroje je razník a dolní část matrice. Ohraňování je prováděno na ohraňovacích lisech, které jsou řízeny CNC programy přičemž principem technologie je vložení materiálu na dorazy a následné tvarování pohyblivým razníkem. S ohledem na vyráběný díl je výhodou, že stroj je osazen měřením velikosti odpružení a úhlu ohybu. Tloušťka a mechanické vlastnosti materiálu odpovídají této variantě výroby, ale ohraňovací lisy jsou vhodné pro rozměrné součásti v kusové a malosériové výrobě. S ohledem na velikost série, složitost ohybu a velikost dílu je tato varianta výroby nevhodná.



Obr. 17 Ohraňování [18]

- Ohyb v nástroji (obr. 18) – principem technologie je založení rozvinutého tvaru dílu na dorazy v nástroji, ohyb se pak provádí pomocí síly lisu, kde pohyblivá část nástroje je ohybník, který pohybem směrem dolů provede ohyb. Spodní část nástroje - ohybnice je nepohyblivá a spolu s ohybníkem udává konkrétní tvar ohybu. Nástroj je tedy konstruován a vyráběn pro konkrétní druh výrobku. V porovnání s velikostí série jsou předpokládané náklady na pořízení nástroje optimální. Tloušťka plechu o velikosti 2 mm a vlastnosti materiálu jsou vhodné pro provedení ohybu v jednoduchém ohýbacím nástroji. Požadovaný tvar ohybu a přesnost dílu je zaručena. Po posouzení všech faktorů je tato varianta vhodná pro tvarovou výrobu nosného ramene.



Obr. 18 Jednoduchý ohýbací nástroj [19]

Při posuzování variant výroby byla také porovnávána volba sdruženého nástroje. V nástroji probíhá jak operace stříhání, tak i ohýbání a je tedy zapotřebí složitější konstrukce a větší rozměry. S ohledem na tyto požadavky je výroba nákladnější a při odhadované návratnosti investic se varianta jeví nevhodnou.

Po zhodnocení všech uvedených technologií výroby nosného ramene se jako nejvýhodnější jeví součást vyrábět ve dvou krocích. V prvním bude vystřihnout v postupovém stříhadle rozvinutý tvar a následně v druhém, kde v jednoduchém ohýbacím nástroji součást dosáhne svého požadovaného tvaru. Tato varianta uspořádání výroby byla volena s ohledem na velikost série. Při návrhu nástrojů bude zapotřebí uvažovat výrobu levého a pravého dílu v jednom nástroji z důvodu úspory finančních prostředků. Zvolená varianta by měla zaručit nízké výrobní náklady.

Technologiemi stříhání v postupovém střížném nástroji a ohýbání v ohýbacím nástroji se bude zabývat teoretická a následně praktická část této práce.

2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ [1], [2], [5], [26], [36]

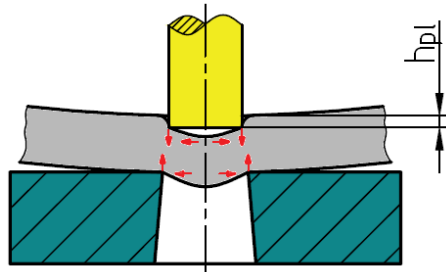
Technologie stříhání a ohýbání se řadí do oblasti plošného tváření. Stříhání je nejrozšířenější způsob dělení materiálů jako jsou plechy, a to ve formě tabulí nebo svitků. Použití technologie je využíváno k přípravě polotovarů pro následné zpracování ostatními technologiemi. Materiál je oddělován za působení smykového namáhání, které je vytvářeno pomocí dvou protilehlých břitů střížníku a střížnice. Technologie ohýbání využívá principu vzniku ohybových momentů a působení vnějších sil, díky nimž dochází k trvalé deformaci materiálu. Materiály používané při ohýbání jsou nejčastěji rozvinuté tvary součástí ve formě plechu. Při vzniku ohybu je zmenšován poloměr zakřivení až do minimální hodnoty meze deformace, nebo naopak zvětšován, čímž dochází k rovnání. Proces se nejčastěji provádí za studena, ale pokud je zapotřebí s ohledem na křehkost nebo velikosti průřezu je prováděno i za tepla.

2.1 Stříhání v nástroji [1], [4], [5], [26], [36], [39], [40]

Stříhání lze rozdělit na vystřihování a děrování. Děrování je prostřížení otvoru v materiálu nebo polotovaru a odpad je zde tvořen vystřiženou částí materiálu. Naopak vystřihování je vystřížení tvaru po uzavřeném obrysu pomocí činných součástí střížníku a střížnice. Průběh stříhání lze rozdělit do tří hlavních fází.

První fáze je na obr. 19, vyznačuje se vznikem pásma zaoblení na vznikající střížné ploše. V tvářeném kovu je vyvoláno napětí, kdy střížník tlačí na materiál, vyvolané napětí dosahuje menších hodnot než mez kluzu stříhaného polotovaru a proto tedy dochází pouze ke vzniku pružné deformace. Vniknutí do materiálu je dosaženo v 5 až 8 % tloušťky materiálu. Tato hodnota se mění v závislosti na mechanických vlastnostech. Přičemž vznikají silové dvojice, které jsou kolmé na střížné plochy a dochází k ohýbání materiálu mezi střížníkem a střížnicí.

Druhá fáze je označována jako pásmo vlastního stříhu.

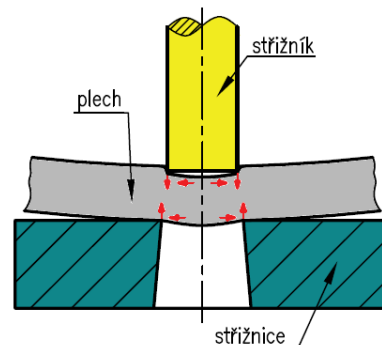


Obr. 20 Druhá fáze stříhání [5]

Na materiál působí vyvolané napětí, které dosahuje vyšších hodnot než je mez pevnosti ve stříhu. V materiálu vzniká tzv. nástřih, tedy trhliny u hran střížníku a střížnice. Trhliny se šíří vysokými rychlostmi až dochází k dělení materiálu. Rychlost šíření trhlin je opět závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a také na velikosti střížné vůle mezi střížnicí a střížníkem.

2.1.1 Vůle a plocha [3], [4], [5], [26], [36], [39], [40]

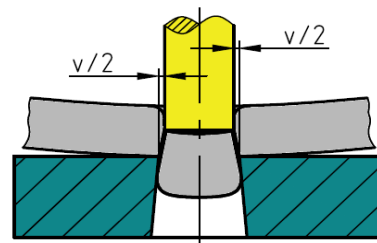
Při konstrukci nástroje je zapotřebí střížník konstruovat s menším rozměrem, než je jmenovitý otvor ve střížnici. Rozdíly jmenovitých rozměrů střížníku a střížnice je dosažena velikost vůle, označovaná písmenem 'v'. Jednostranným rozdílem jmenovitých rozměrů je dosažena mezera, označovaná 'v/2'. Vhodná velikost vůle ovlivňuje trvanlivost břitu, sílu,



Obr. 19 První fáze stříhání [5]

Během této fáze dochází ke vzniku většího napětí, než je mez kluzu a dochází k trvalé plastické deformaci stříhaného materiálu. Hloubka vniknutí střížníku je na obr. 20 označována jako 'h_{pl}', hloubka vniku je v rozmezí 10 - 25 % tloušťky plechu a rozmezí vniknutí je ovlivněno mechanickými vlastnostmi stříhaného materiálu.

Třetí fáze je pak označována jako pásmo utržení.



Obr. 21 Třetí fáze stříhání [5]

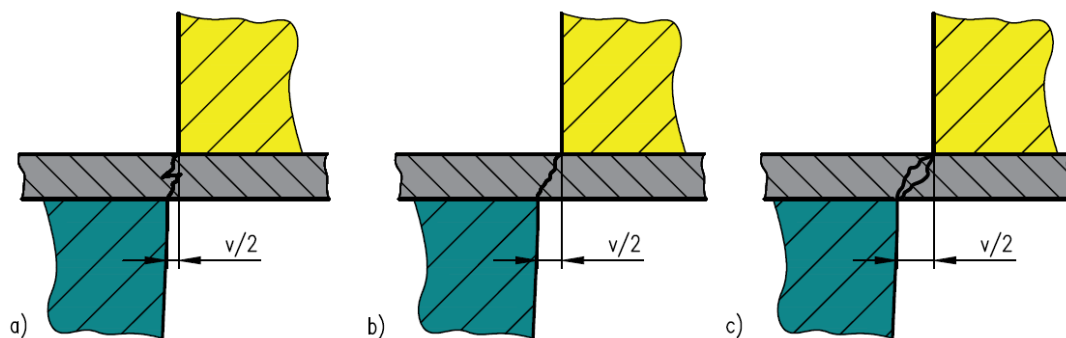
kvalitu stříhaných ploch, vznik ostřin a spotřebu energie. Při nepatrném zmenšení vůle dochází k malému navýšení síly, ale až o 40 % navýšení práce.

Při vystřihování vnějšího tvaru se vůle vytvoří zmenšením rozměru střížníku, pokud střížník bude plnit funkci děrování, vůle se vytvoří zvětšením rozměru střížnice.

Malá velikost vůle (obr. 22 a) vede ke zhoršení kvality stříhu tzv. vzniku zádrhu. Naopak výhodou je snížení ohýbání materiálu v prvním pásmu, a navíc je částečně také zabráněno vzniku ostřin.

Na obrázku 22 b, je vyobrazena správně zvolená vůle. Je zaručeno, že trhliny vznikající při procesu se setkají a dojde k optimálnímu průběhu stříhu a ten vede ke správnému usmýknutí plochy.

Naproti tomu na obr. 22 c. lze vidět volbu velké mezery. Tato varianta způsobuje v první fázi velkou deformaci, které způsobuje částečné vtahování materiálu mezi střížník a střížnici, tím dojde k navýšení střížné síly, nadměrnému namáhání střížných hran, celkovému namáhání nástroje a stroje. Důsledkem je vznik nekvalitní plochy a vznik ostřin.



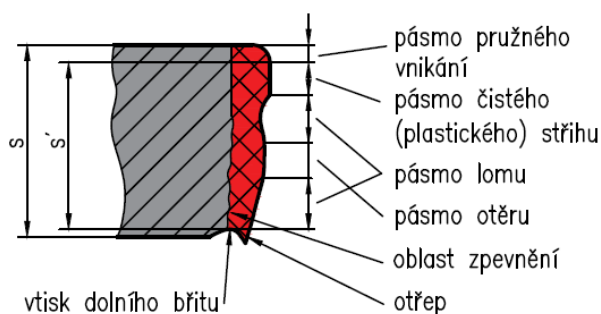
Obr. 22 Tvary střížných ploch pro různé varianty střížné vůle [5]

Velikost střížné vůle pro plech o tloušťce $s \leq 3$ mm lze stanovit výpočtem:

$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.1)$$

kde: v [mm] střížná vůle,
 c [-] součinitel závislý na stupni stříhu (0,005 až 0,025),
 s [mm] tloušťka stříhaného plechu,
 τ_s [MPa] pevnost materiálu ve stříhu ($0,8$ až $0,86$) $\cdot R_m$,
 R_m [MPa] mez pevnosti v tahu.

Součinitelem závislým na stupni stříhu ' c ', lze při volbě spodní hodnoty dosáhnout vysoké kvality stříhu. Naopak při volbě horní hranice součinitele je dosaženo menší hodnoty střížné síly. Při optimálně zvolené velikosti střížné vůle vzniká střížná plocha, která je charakteristická svým tvarem S-viz obrázek č. 23. Oblast zpevnění je vyznačena červeným podbarvením. Velikost této oblasti u měkkých ocelí dosahuje velikosti 20 až 30 % tloušťky plechu.

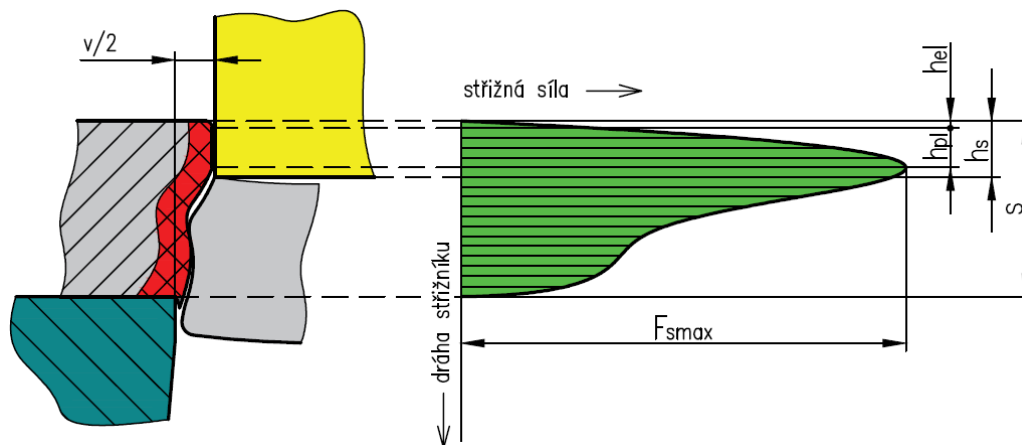


Obr. 23 Střížná plocha a jednotlivá pásma [5]

2.1.2 Síla a práce [4], [5], [20], [26], [36], [39], [40]

Pro volbu výrobního lisu je zapotřebí provést výpočty pro stanovení velikosti střížné síly a následně práce. Průběh síly je charakteristický svým tvarem – obrázek 24, kde na dráze ' h_{el} ' dochází k prudkému nárůstu velikosti, který je způsoben elastickou deformací materiálu. Následuje oblast označena ' h_{pl} ' - na této dráze stříhu dochází k plastické deformaci, která je doprovázena zpevněním materiálu a má vliv na velikost síly. Nárůst je zakončen v okamžiku

vzniku prvních trhlin (nástřih) a od toho bodu má snižující charakter až do hloubky vniknutí 'h_s'. V konečné fázi následuje pokles, jelikož dochází k oddělování materiálu. Velikost v poslední fázi stříhu je ovlivněna třením mezi oddělovanými plochami a třením výstřížku při průchodu otvorem ve střížnici.



Obr. 24 Průběh střížné síly [5]

Velikost střížné síly pro vystřihování a děrování je dána vztahem:

$$F_s = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot S = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot l_s \cdot s, \quad (2.3)$$

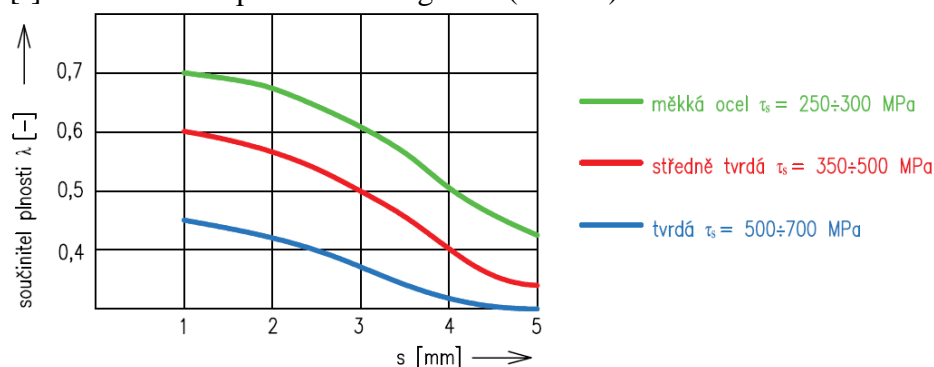
kde: k_{ot} [-] koeficient otupení nástroje (1,1 až 1,3),
 S [mm²] střížná plocha,
 l_s [mm] délka křivky stříhu (obvod střížníku).

Velikost střížné síly lze ovlivnit použitím střížníků různých délek (u nástrojů s více střížníky), kde průběh stříhání součásti probíhá postupně. Nedochází tedy ke sčítání velikosti sil jednotlivých střížníků a střížná práce je určena plochou pod křivkou síly. Na obrázku 24 je zobrazena střížná práce zeleným podbarvením v závislosti na střížné síle a dráze střížníku.

Výpočet velikosti střížné práce je dán vztahem:

$$A_s = \lambda \cdot F_{smax} \cdot s, \quad (2.4)$$

kde: F_{smax} [N] maximální hodnota střížné síly,
 λ [-] součinitel plnosti dle diagramu (obr. 25).



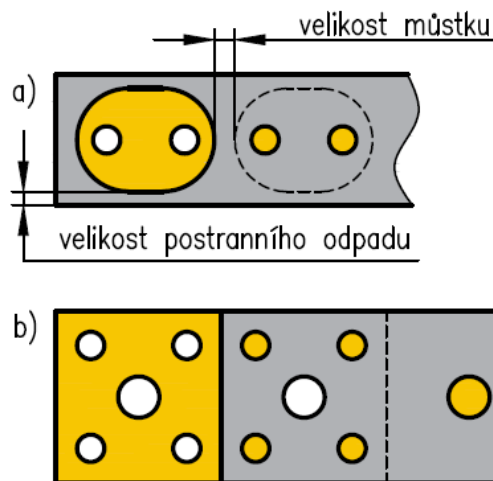
Obr. 25 Diagram pro stanovení součinitele plnosti [5]

2.1.3 Rozmístění výstřížků [2], [3], [5], [26], [36], [41], [42]

Umístění výstřížků na pásu je zapotřebí volit tak, aby bylo dosaženo maximálního využití materiálu, funkčnosti vyráběné součásti, dosažení předepsané rozměrové a geometrické přesnosti a na závěr také snadné výroby. Hlavním ovlivňujícím faktorem volby je vznik velikosti odpadu, který musí být, pokud možno co nejmenší, neboť náklady na pořízení materiálu mohou činit až 75 % celkových nákladů.

Na obr. 26a je vystřihování součástí s postranním odpadem a můstky, které se uplatňuje u rozměrově přesnějších a tvarově složitějších výrobků. Umístění na polotovaru může být ve variantě přímé, nakloněné, střídavé, kombinované nebo víceřadé. Druhým způsobem umísťování součástí je na obrázku 26b, kde je nástřihový plán bez postranního odpadu a můstků. Tento způsob rozmístění se využívá při výrobě součástí s nižším stupněm přesnosti výroby a nízkou tvarovou složitostí.

Využití materiálu je stanoveno dle uvedených vzorců, přičemž optimální hodnota by měla přesahovat hodnotu 60 %. Při nedodržení této hranice dochází k úpravám rozmístění součástí na pásu plechu, aby bylo zajištěno vyššího využití materiálu. Názorné umístění součástí na pásu plechu je na obrázku 27.



Obr. 26 Druhy nástřihových plánů [5]

Typ stříhu	Přímý	Jednořadý	Víceřadý	Šikmý	Vstřicný
s přepážkou					
bez přepážky					

Obr. 27 Jednotlivé seskupení výstřižků [5]

Využití tabule plechu:

$$\eta_p = \frac{n_{vt} \cdot S_v}{S_t} \cdot 100, \quad (2.5)$$

kde: η_p [%] využití tabule plechu,
 n_{vt} [ks] počet výstřižků z tabule plechu,
 S_v [mm²] plocha jednoho výstřižku,
 S_t [mm²] plocha tabule plechu.

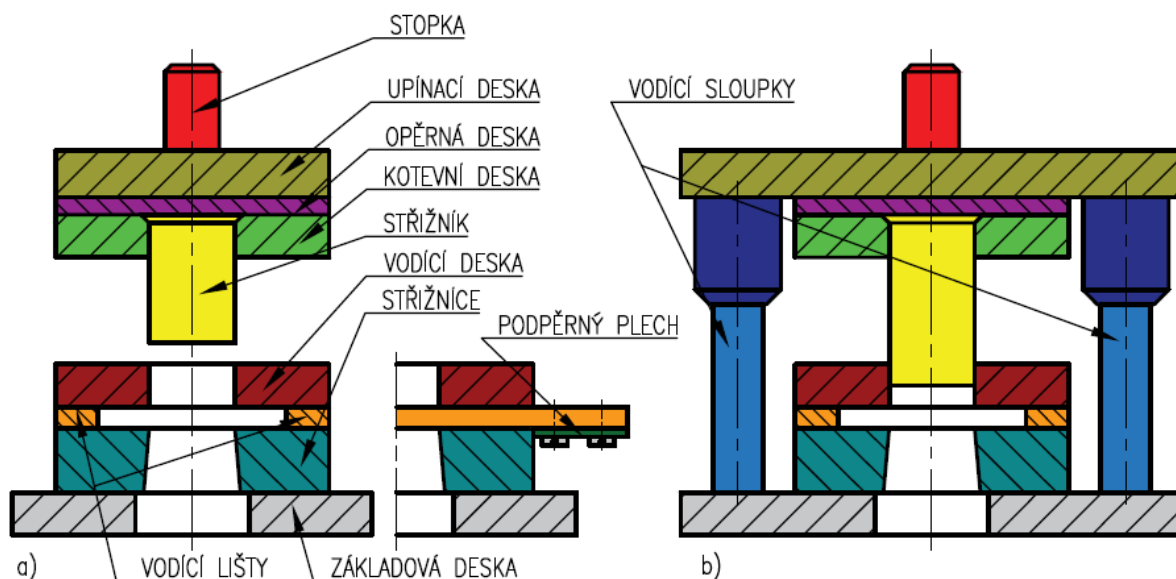
Využití svitku plechu:

$$\eta_{sv} = \frac{n_{vsv} \cdot S_v}{S_{sv}} \cdot 100, \quad (2.6)$$

kde: η_{sv} [%] využití svitku,
 n_{vsv} [ks] počet výstřižků ze svitku,
 S_{sv} [mm²] plocha svitku.

2.1.4 Nástroje a jejich části [1], [5], [26], [36], [41], [43], [44]

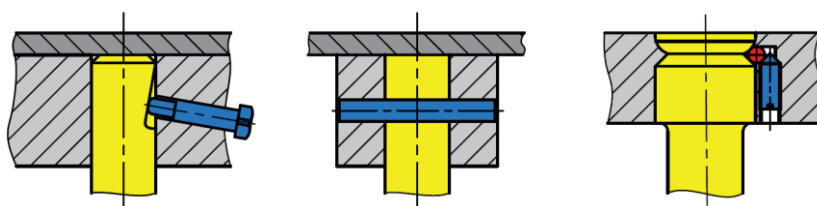
Konstrukce střížných nástrojů, lze rozdělit například dle počtu prováděných operací v nástroji na jednoduché a postupové. Jednoduchý nástroj zhotovuje součást na jeden zdvih, naopak u postupového je prováděno několik zdvihů pro vystřihnutí součástí. Dle vedení nástroje můžou být vyráběny ve variantě vedený (obr. 28a) nebo nevedený nástroj (obr. 28b). U nevedeného není horní a spodní část stříhadla nijak spojena, při tomto konstrukčním řešení je negativně ovlivněna kvalita výstřižků a také se vyskytuje vysoké opotřebení nástroje. Naopak vedené mají výhodu v menším opotřebení funkčních ploch. Vedení je realizováno za pomoci sloupků, které zajišťují vyšší kvalitu stříhaných součástí z hlediska rozměrové a geometrické přesnosti a také kvality stříhané plochy. V této konstrukční variantě je pozitivně ovlivněna životnost nástroje.



Obr. 28 Schéma variant střižných nástrojů [5]

Na obrázku 28 jsou dále popsány jednotlivé konstrukční prvky. Nástroj se skládá ze dvou hlavních částí, které jsou označovány pojmy skříň a hlavice. Hlavice je vrchní částí nástroje a skládá se ze stopky, upínací desky, opěrné desky, kotevní desky a střižníku.

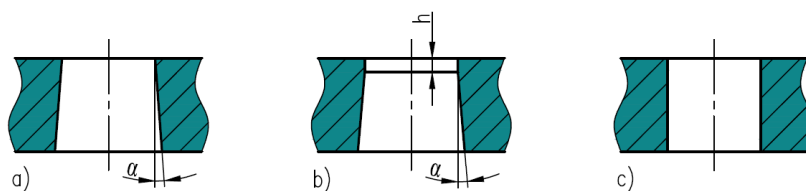
Hlavní součástí horní části nástroje je střižník, který je na obr. 28 označen žlutým podbarvením. Střižníky dle prováděné operace lze dělit na ostříhovací, vystříhovací, prostříhovací atd. Tvary střižníku jsou preferovány na kruhové a hranaté, pokud to ale výroba vyžaduje, střižník je vyroben tvarový. Pro splnění požadavků na kvalitu stříhu musí střižníky splňovat předpoklady, kterými jsou tuhost, kolmost proti stříhanému materiálu, odolnost vůči bočním a stíracím silám. Upnutí střižníku ke kotevní desce je realizováno několika druhy konstrukčního řešení - obr. 29. Upnutí musí být dostatečně tuhé, aby nedocházelo k vytažení střižníku za působení tzv. stahovací síly a provádí se za válcovou nebo kuželovou upínací hlavu. Další varianty upnutí jsou na obr. 29, kde je zobrazeno upnutí za pomoci šroubu, kolíku nebo kuličky. Při zvýšené jakosti výroby se do spodní části umísťují hledáčky, jejichž funkcí je zajistit těsně před lisovací operací konkrétní polohu pásu a tuto polohu udržet i během stříhání. Opěrná deska je zhotovena z tepelně zpracované oceli z důvodu zamezení otlacení střižníku do upínací desky. V upínací desce je osazeno několik šroubů a kolíků potřebných pro zajištění polohy jednotlivých částí nástroje a dále je na desce umístěna stopka, která slouží pro upnutí nástroje do beranu lisu (příloha 10).



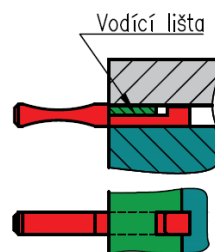
Obr. 29 Druhy upnutí střižníku v kotevní desce nástroje [5]

Střižné skříň se skládají ze základové desky, ve které jsou upevněny vodící sloupky, střižnice, vodící lišty a vodící deska. K vodícím lištám je následně připevněn podpěrný plech, který napomáhá k zavádění materiálu do nástroje. V základové desce jsou zhotoveny otvory pro propad odpadu a vznikající výstřižky, a je také osazena několika otvory pro kolíky a šrouby ke spojení dalších částí nástroje. Za pomocí základové desky se nástroj upíná ke stolu lisu. Na základové desce je upevněna střižnice, ve které jsou zhotoveny otvory dle zvolené technologie výroby. Geometrie hran otvorů jsou navrhovány podle požadavků na přesnost a velikost vyráběné série. Při vystříhování malých součástí v malosériové výrobě se střední přesností výroby je volena varianta kónického tvaru, viz obr. 30a. Při volbě varianty střižnice

s fazetkou - obr. 30b se jedná o výrobu tvarově složitou s vysokou přesností výroby. Na obrázku 30c je geometrie válcová, která se využívá při konstrukci nástroje s vyhazovačem. Vodící lišty plní funkci vedení pásu nebo svitku plechu v nástroji. S ohledem na jejich tloušťku vytváří zaváděcí prostor pro plech mezi střížnicí a vodící deskou. Pro snadnější zavádění materiálu do nástroje jsou lišty vyrobeny delší než nástroj a jsou osazeny podpěrným plechem, který je k lištám přišroubován. Ve vodící liště může být osazen načínací doraz, který je na obrázku 31, slouží pro stanovení první polohy při zavádění materiálu do nástroje. Načínací doraz je nejčastěji umístěn ve vodící liště, kde je vyfrézováno vedení dorazu. Vodící deska je používána pro vedení střížníku a následně také pro stírání materiálu při zpětném pohybu střížníku.



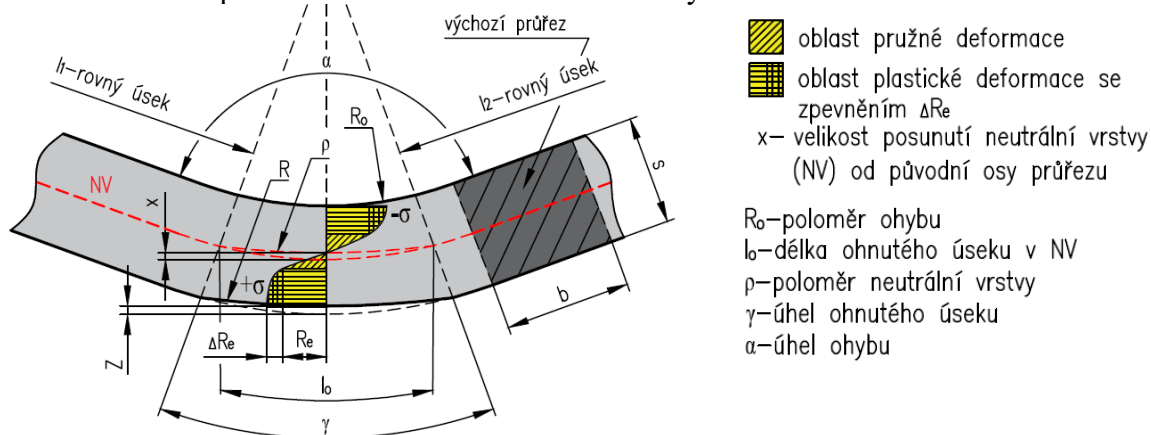
Obr. 30 Geometrie hran otvorů ve střížnici [5]



Obr. 31 Druhy dorazů [5]

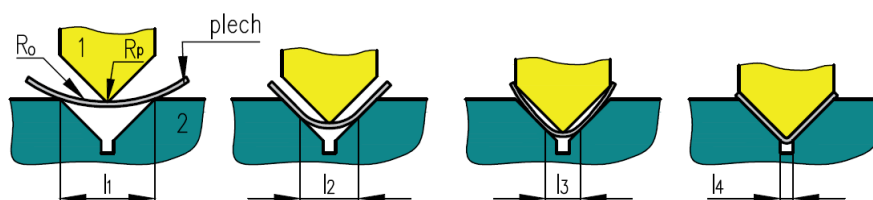
2.2 Ohýbání v nástroji [3], [4], [5], [20], [26], [36], [40], [45], [46]

Při procesu ohýbání působí na materiál lokální síly nebo ohybové momenty, které způsobují pružně-plastické deformace. Při deformaci materiálu vzniká v materiálu napětí, které se dělí dle pozice na tlakové a tahové. Na vnitřní straně ohybu vzniká tlakové napětí, které má za důsledek, že v podélném směru dochází ke stlačování a v příčném k rozšiřování materiálu. Naopak na vnější straně dochází k tahovému napětí, které způsobuje v podélném směru roztahování a v příčném k zužování materiálu. Rozložení jednotlivých napětí a deformací při ohýbání součásti je zobrazeno na obrázku 32. V místě, kdy dochází ke změně tlakového napětí na tahové se nachází neutrální vrstva, ve které se nevyskytují žádná napětí, a tedy ani deformace. Tato vrstva je stěžejní při určování rozvinutého tvaru součásti. Při ohýbání s malým poloměrem ohybu se tato vrstva přesouvá směrem k vnitřní straně ohybu.



Obr. 32 Průběh ohýbání [5]

Proces ohýbání pro tvar V je znázorněn na obrázku 34 (ohybník 1, ohybnice 2), kde lze vidět, jak se rádius ohybu polotvaru ' R_0 ' postupně zmenšuje stejně jako rameno ohybu ' l_1 ' až ' l_4 '. Poloměr ' R_0 ' je po celou dobu procesu ohýbání větší než zaoblení na ohybníku – značeno jako ' R_p '.



Obr. 33 Průběh ohýbání v nástroji do tvaru V [5]

2.2.1 Výchozí polotvar [4], [5], [26], [36], [46]

Při stanovení výchozího tvaru je zapotřebí provést výpočet rozvinuté délky polotvaru, který je ovlivněn polohou a délkou neutrální vrstvy v místě provedených ohybů. Pro rovné úseky není zapotřebí provádět výpočet, jelikož nedochází k posunutí neutrální osy, která zůstává stále uprostřed.

Poloměr neutrální vrstvy v ohnuté části pro šířku pásu ($b > 3 \cdot s$):

$$\rho = R_o + x \cdot s \quad [mm], \quad (2.7)$$

kde: R_o [mm] poloměr ohybu,

x [-] součinitel posunutí neutrální plochy viz tab. 2.

Tab. 2 Hodnoty pro součinitel x [46].

R_o/s	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	5
x	0,32	0,35	0,38	0,42	0,445	0,47	0,475	0,478

Po vypočtení poloměru neutrální vrstvy lze určit délku ohnuté části v místě ohybu vzorcem:

$$L_o = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (R_o + x \cdot s), \quad (2.8)$$

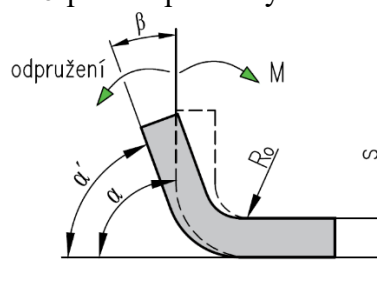
kde: L_o [mm] délka oblouku neutrální vrstvy,

α [°] úhel ohybu.

Celková rozvinutá délka polotovaru se určí součtem všech délek ohnutých a rovných úseků.

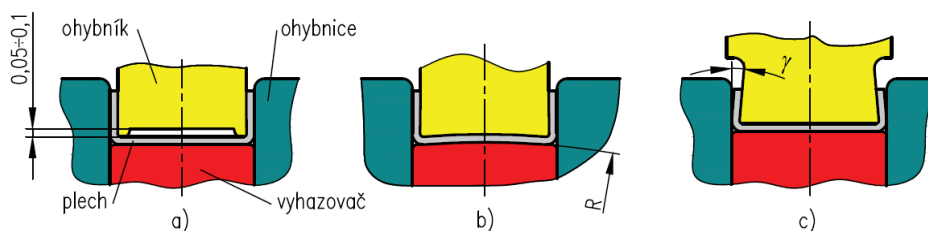
2.2.2 Odpružení materiálu [5], [20], [22], [26], [36], [40], [44]

Při ohýbání součástí vzniká tzv. odpružení, které je způsobeno pružně plastickým stavem materiálu. Odpružení materiálu vzniká po odlehčení silových účinků působících na materiál a je to změna úhlu ohybu zatíženého a odlehčeného stavu (obr.34). Protože dochází ke změně tvaru ohnuté součásti vůči tvaru nástroje, je zapotřebí navrhnout tvar ohybnice a ohýbadla tak, aby byl proveden ohyb větší o velikost, která je ovlivněna mechanickými vlastnostmi materiálu, tloušťkou plechu, úhlem a poloměrem ohybu. Velikosti odpružení lze eliminovat konstrukčními úpravami ohybníku a ohybnice. Příklady uvedené na obrázku 35 jsou využívány při ohýbání součásti do tvaru U. Zpevněním materiálu v rozích součásti a kalibrací ohybu (obr. 35a), zaoblení dolní části nástroje (obr. 35b), podbroušením ohybníku (obr.35c).



Obr. 34 Odpružení ohýbané součásti [5]

Úhel



Obr. 35 Konstrukční úpravy nástroje pro zamezení odpružení [5]

odpružení při ohybu do tvaru „V“ lze určit dle vztahu:

$$\tan \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E}, \quad (2.9)$$

kde: l_v [mm] vzdálenost mezi opěrami ohybnice,

R_e [MPa] mez kluzu materiálu,

E [MPa] modul pružnosti v tahu,

k_o [-] součinitel určující polohu neutrální plochy viz tab. 3.

Tab. 3 Určení součinitele určující polohu neutrální plochy k_o [44].

R/s	0,1	0,25	0,5	1	2	3
k_o	0,68	0,65	0,62	0,58	0,54	0,53

Správná funkce nástroje vyžaduje vyhotovení vŕle mezi ohybníkem a ohybnicí, přičemž navržená vŕle ovlivňuje velikosti síly a ztenčení materiálu v místě ohybu.

Velikost vŕle lze vypočítat dle vztahu:

$$v_o = s_{max} + c_o \cdot s, \quad (2.10)$$

kde: v_o [mm] vŕle při ohýbání,
 s_{max} [mm] maximální tloušťka materiálu s tolerancí,
 c_o [-] koeficient vyjadřující vliv tření materiálu o pevnou čelist viz tab. 4.

Tab. 4 Koeficient vyjadřující vliv tření c_o [44].

Tloušťka S [mm]	Délka rovného ramene ohybu [mm]			
	10÷35	35÷50	50÷100	100÷150
0,5÷2	0,1	0,1	0,15	0,15
2÷4	0,08	0,1	0,1	0,1

2.2.3 Minimální a maximální poloměr [4], [5], [20], [26], [36], [40]

Minimální poloměr ohybu je velikost ohybu, při němž nedojde k porušení vláken v materiálu na vnější straně, která je namáhána tahovým napětím.

Minimální poloměr ohybu se stanoví vztahem:

$$R_{min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_p \cdot s, \quad (2.11)$$

kde: R_{min} [mm] minimální poloměr ohybu,
 ε_c [-] mezní prodloužení (prodloužení, při jehož překročení dojde k porušení ohýbaného materiálu),
 c_p [-] součinitel dle technologických podkladů, ocel (0,5 až 0,6).

Maximální poloměr ohybu je takový ohyb, při kterém dojde v materiálu v krajních vláknech, které jsou namáhány tahovým napětím, k trvalé plastické deformaci, tudíž nedojde ke zpětnému narovnání ohýbaného dílce.

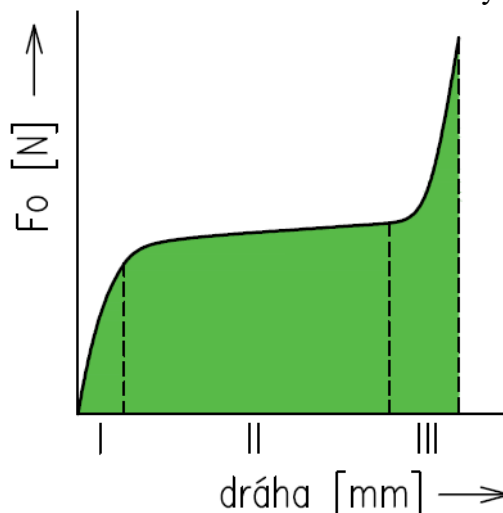
Maximální poloměr ohybu se stanoví vztahem:

$$R_{max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{Re} - 1 \right), \quad (2.12)$$

kde: R_{max} [mm] maximální poloměr ohybu [mm].

2.2.4 Síla a práce [2], [4], [5], [20], [26], [36], [44]

Velikost ohýbací síly a práce je nutné znát pro navržení správného výrobního lisu. Průběh síly v závislosti na dráze horní části nástroje je zobrazen na obrázku 36. Průběh síly je charakteristický svým prudkým nárůstem, který je způsoben elastickými deformacemi materiálu (oblast I) a na který mají vliv mechanické vlastnosti materiálu. V oblasti II dochází k přeměně elastické na plastickou deformaci po překročení meze kluzu. Tato oblast je nejdelší svým trváním, ohybová síla v ní vzrůstá minimálně. V poslední fázi diagramu opět dochází k prudkému nárůstu síly způsobenému kalibrováním ohybu (oblast III). Stanovení ohýbací síly pro ohyb tvaru V lze určit výpočtem, kde je uvažováno, že polotvar je ve formě nosníku a je umístěn na dvou vodorovných podporách, které jsou od sebe vzdáleny o hodnotu 'lv' (obr. 37). Nosník je dále uprostřed



Obr. 36 Průběh síly při ohýbání [5]

zatěžován osamělou silou, která způsobí deformaci a ohnutí nosníku. Vypočtená velikost síly se dále při zvýšených požadavcích na přesnost ohybu zvyšuje o tzv. kalibrační sílu nebo je nutné u některých tvarů součástí využít přidržovače, celková síla se pak tedy navýší o zmíněné hodnoty.

Síla pro ohyb do tvaru „V“ se vypočte dle vztahu:

$$F_o = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (2.13)$$

kde: F_o [N] ohybová síla,
 b [mm] šířka ohýbaného pásu.

Celková ohýbací síla pro tvar ohybu „V“:

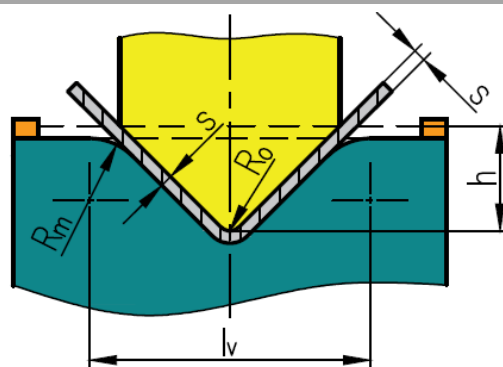
$$F_{co} = F_o + F_k + F_p, \quad (2.14)$$

kde: F_{co} [N] celková ohýbací síla,
 F_k [N] kalibrační síla, $F_k = (2,0 \div 2,5) \cdot F_o$,
 F_p [N] přidržovací síla, $F_p = (0,25 \div 0,30) \cdot F_o$.

Vztah pro výpočet ohybové práce:

$$A_o = F_o \cdot h \cdot \psi, \quad (2.15)$$

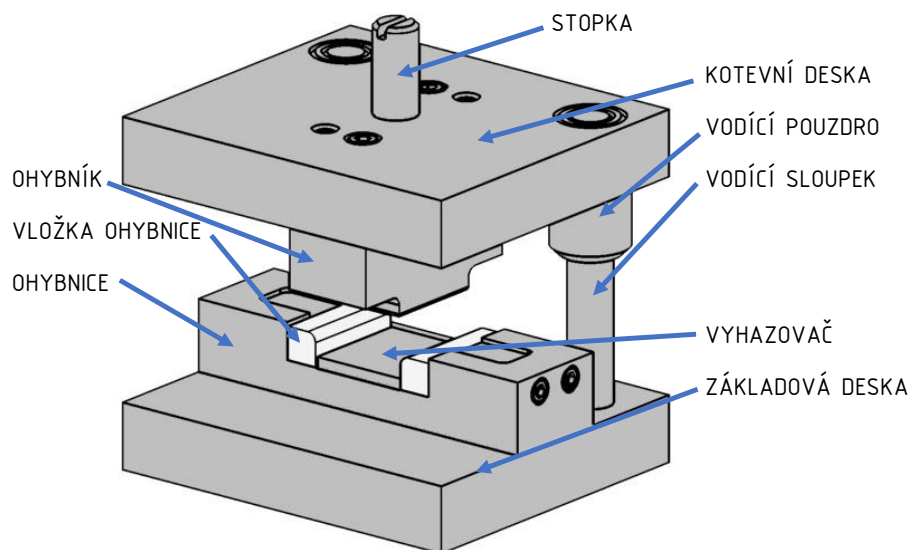
kde: A_o [J] ohybová práce,
 h [mm] dráha ohybníku viz obr. 38,
 ψ [-] součinitel plnosti diagramu $\psi = (0,5 \div 0,65)$.



Obr. 37 Schéma ohybu do tvaru V [5]

2.2.5 Nástroje a jejich části [1], [5], [26], [36], [40], [41], [44]

Hlavními částmi ohýbacího nástroje jsou ohybník a ohybnice (obr. 38), které jsou svým tvarem konstruovány podle vyráběných součástí. Ohybník je upevněn do horní pohyblivé části (kotevní deska), funkční plochy jsou kaleny s následným leštěním povrchu. Tvar pevné ohybnice má přímý vliv na velikost ohýbací síly a kvalitu ohybu, je tedy zapotřebí dbát na velikost vřele a kvalitu povrchu. Ohybnice bývá vložkováná z důvodu úspory nástrojového materiálu, je upnuta na základové desce, která je potom pomocí upínek upnuta ke stolu lisu. Ohybnice je často osazována vyhazovači, které napomáhají snadnějšímu vyjmutí dílu z nástroje. Další části nástroje jsou vodící sloupky, které zajišťují přesný chod nástroje. Pro upnutí nástroje do beranu lisu je zde opět stopka. Pro přesné založení dílu do nástroje je využíváno základacích dorazů nebo je v ohybnici provedeno tvarové zafrézování.

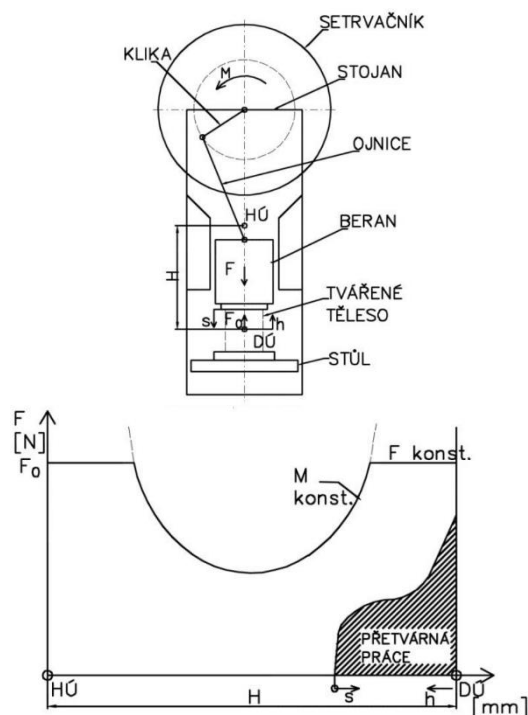


Obr. 38 Jednoduchý ohýbací nástroj [5]

2.3 Stroje [26], [36], [58], [59], [60], [61]

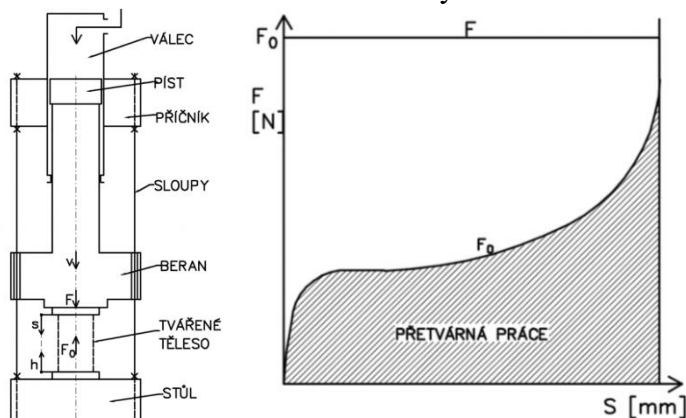
Tvářecí stroje lze dělit podle druhu pohybu nástroje na přímočaré, rotační a obecné. Nejvíce využívané stroje jsou s přímočarým pohybem, kde princip činnosti spočívá v přímočarém vratném pohybu mezi dolní a horní úvratí lisu. Dále je možné dělit stroje, dle využívané energie, kde existují stroje využívající silové, energetické a zdvihové účinky. Zástupcem silové kategorie je například hydraulický lis, který využívá potenciální energii, kde síla F je konstantní a není nijak závislá na dráze beranu. Energetické stroje využívají kinematickou energii neboli energii volného pádu. Poslední typ jsou zdvihové stroje, které využívají jak kinematickou, tak i potenciální energii do této skupiny, lze zařadit například klikové lisy. Přesun energie na beran lisu je prováděn za pomoci mechanismu nebo hydraulického či pneumatického zařízení.

- Mechanické lisy – jsou nejpoužívanější stroje při tvářecích operacích. Nejvíce využívanými konstrukcemi jsou klikové, výstředníkové, kolenové a kloubové. Výhodou je jednoduchost konstrukce a vysoká výrobnost. Naopak nevýhodou je, že tvářecí sílu z beranu lisu je možné odebrat těsně před dolní úvratí a při působení velké tvářecí síly na dlouhé dráze může dojít k přetížení, proto tedy tvářecí síla musí být vždy pod křivkou sil (obr. 39). Pro zpracování pásu plechu je vhodné volit výstředníkové lisy, který má otevřený stojan. Pohon stroje je využíván elektromotor, který svým působením roztáčí setrvačnick, v němž se akumuluje energie, která je následně využíván při procesu tváření. Výhodou je možnost změny velikosti zdvihu beranu.



Obr. 39 Výstředníkový lis [58]

- Hydraulické lisy – (obr. 40) principem činnosti je rovnoměrné šíření tlaku kapaliny všemi směry. Výhodou je možnost plynulé regulování rychlosti pohybu, možnost odebírání maximální síly v různém zdvihu, konstantní tlak a rychlost pohybu, automatizace procesu pomocí přídavných zařízení. Nevýhodou je složitost konstrukce pohonu a přídavných zařízení, které vedou k vyšším pořizovacím nákladům, menší produktivita spojená s pomalejším chodem beranu, vyšší nároky na údržbu a opravy poruch. Podle způsobu pohybu, lze stroje dělit na svislé, vodorovné a kombinované.



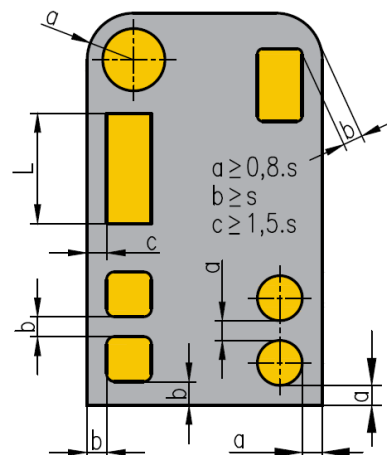
Obr. 40 Hydraulický lis [58]

Při volbě stroje je zapotřebí brát ohled na vypočtenou velikost tvářecí síly s uvažováním určité rezervy, velikost série, rozměry součástí a ekonomické hledisko.

2.4 Technologičnost součásti [1] [3], [4], [5], [26], [36], [39], [41], [64]

Předpokladem vhodného technologického postupu a hospodárné výroby je správná technologičnost výstřižku. Pro optimální zajištění plynulosti a ekonomičnosti výroby obecně platí tyto zásady:

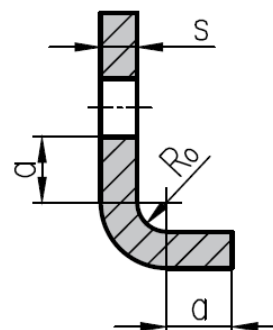
- tvar součásti by měl být co nejjednodušší s ohledem na svoji funkci,
- stříhaný materiál do meze pevnosti 1000 až 1200 MPa,
- přesnost stříhaných rozměrů v toleranci IT12 až IT14, při použití vodících stojánek IT9 až IT11,
- předepisovat zvýšené požadavky na přesnost pouze u rozměrů, které mají vliv na funkci součásti,
- upřednostnění kruhových otvorů před nekruhovými,
- kvalita střížné plochy v rozmezí $Ra\ 3,2 \div 6,3$,
- nepředepisovat kolmosti stříhaných hran,
- nepředepisovat vysoké požadavky na rovinnost (zvláště u tvarově složitých dílců),
- vnitřní rohy stříhaného dílce by měly být zaoblené nebo sražené,
- dodržení minimálních vzdáleností mezi otvory a vzdáleností otvorů od okraje výstřižku (obr. 41).



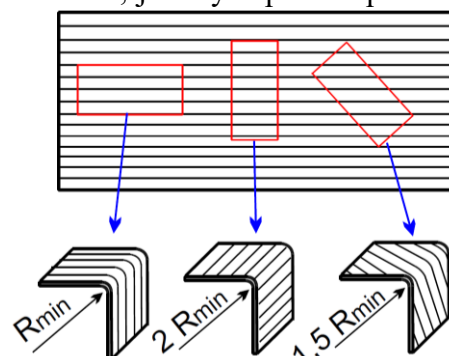
Obr. 41 Doporučené vzdálenosti otvorů od okraje výstřižku a mezi otvory [5]

Pro správnou konstrukci ohýbaných součástí platí tyto technologické předpoklady:

- minimální vzdálenost okraje otvoru od ohybu $a \geq 2s$ (obr. 42),
- minimální délka ohýbaného ramene $a \geq 2s$ (obr. 42),
- ostré ohyby je třeba vyrábět s dodatečnou kalibrací, počítat se ztenčením stěny plechu,
- při ohýbání rozdílných délek ramen dochází k posunutí materiálu na stranu delšího z ramen (zamezení použitím kolíku zasunutého v technologickém otvoru),
- osu ohybu musíme volit kolmo na směr vláken, pokud tomu tak není musí se zvětšit minimální poloměr ohybu,
- u ostrého ohybu je nejprve zapotřebí vytvořit potřebný objem kovu a poté provést kalibraci,
- minimální poloměr ohybu je závislý na anizotropii materiálu, je tedy zapotřebí při výpočtu minimálního rádiusu brát ohled na směr vláken v materiálu (obr. 43).



Obr. 42 Technologičnost ohýbané součásti [5]

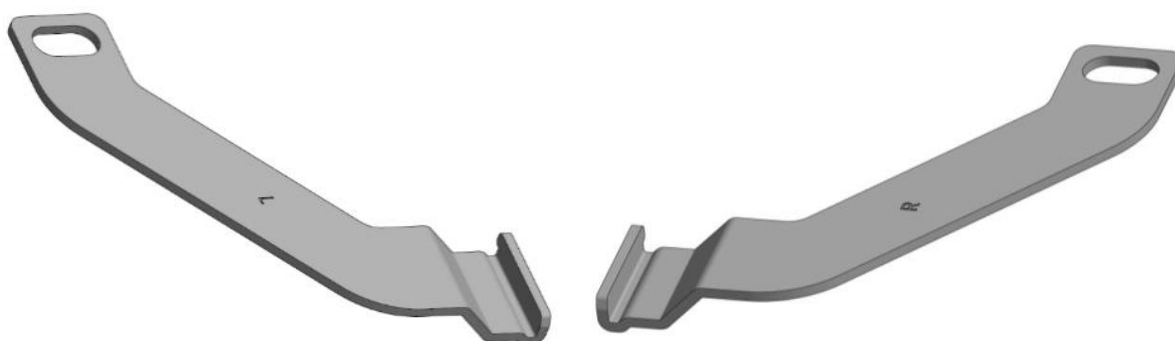


Obr. 43 Směry vláken [64]

3 VÝROBA SOUČÁSTI [26]

Vyráběná součást s názvem nosné rameno se nachází na obrázku 44. Rameno je zhotoveno z ocelového plechu ČSN 411331 o tloušťce 2 mm s vnějšími rozměry 82x86x11,2 mm. Technologie výroby byla rozdělena, do dvou kroků, kde v prvním bude vystřihnout v postupovém nástroji rozvinutý tvar součásti a následně ve druhém dojde k ohybu v jednoduchém ohýbacím nástroji. Poslední fází výroby bude povrchová úprava kataforézním lakováním.

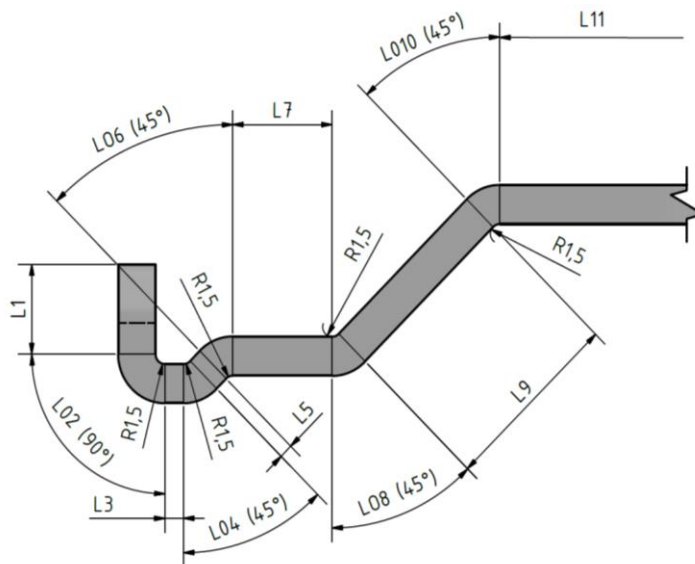
Součástka splňuje všechny předpoklady technologičnosti jednotlivých výrobních technologií. Na součástce se nevyskytují žádné rozměry s přísnou výrobní tolerancí. V technologičnosti bylo posuzováno, zda otvor v horní části ramene je dostatečně vzdálen od okraje, což vyhovuje. Materiál ČSN 411331 v tloušťce 2 mm je možné u dodavatele zakoupit ve formě tabule plechu nebo svitku, je tedy zapotřebí provést výběr optimální varianty, která bude podložena příslušnými výpočty.



Obr. 44 Nosné rameno

3.1 Stanovení rozvinutého tvaru [5], [26], [36]

V kapitole jsou provedeny výpočty ke stanovení rozvinutého tvaru součásti. Rameno je složeno z několika rovinných a zaoblených úseků – viz obr. 45. Součástka je okótována pro lepší přehlednost a orientaci při aplikování výpočtových vztahů. Rovinné úseky jsou označovány jednoduchým indexováním postupně řazeným a zaoblené části jsou navíc označeny v indexování písmenem 0. Výpočty zaoblených ploch byly provedeny podle vztahů (2.7) a (2.8) z kapitoly 2.2.1. Součinitel posunutí neutrální osy byl volen dle tabulky č.2.



Obr. 45 Rozměry součásti pro stanovení rozvinutého tvaru

➤ Výpočet délky oblouku L02

Dle tabulky č. 2 bylo zvoleno: $\frac{R_2}{s} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \Rightarrow x_2 = 0,4$

$$L_{02} = \frac{\pi \cdot \alpha_2}{180} \cdot (R_2 + x_2 \cdot s) = \frac{\pi \cdot 90}{180} \cdot (1,5 + 0,4 \cdot 2) = 3,61 \text{ mm}$$

➤ Výpočet délky oblouku L04

Dle tabulky č. 2 bylo zvoleno: $\frac{R_4}{s} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \Rightarrow x_4 = 0,4$

$$L_{o4} = \frac{\pi \cdot \alpha_4}{180} \cdot (R_4 + x_4 \cdot s) = \frac{\pi \cdot 45}{180} \cdot (1,5 + 0,4 \cdot 2) = 1,81 \text{ mm}$$

➤ Výpočet délky oblouku L06

Dle tabulky č. 2 bylo zvoleno: $\frac{R_6}{s} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \Rightarrow x_6 = 0,4$

$$L_{o6} = \frac{\pi \cdot \alpha_6}{180} \cdot (R_6 + x_6 \cdot s) = \frac{\pi \cdot 45}{180} \cdot (1,5 + 0,4 \cdot 2) = 1,81 \text{ mm}$$

➤ Výpočet délky oblouku L08

Dle tabulky č. 2 bylo zvoleno: $\frac{R_8}{s} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \Rightarrow x_8 = 0,4$

$$L_{o8} = \frac{\pi \cdot \alpha_8}{180} \cdot (R_8 + x_8 \cdot s) = \frac{\pi \cdot 45}{180} \cdot (1,5 + 0,4 \cdot 2) = 1,81 \text{ mm}$$

➤ Výpočet délky oblouku L010

Dle tabulky č. 2 bylo zvoleno: $\frac{R_{10}}{s} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \Rightarrow x_{10} = 0,4$

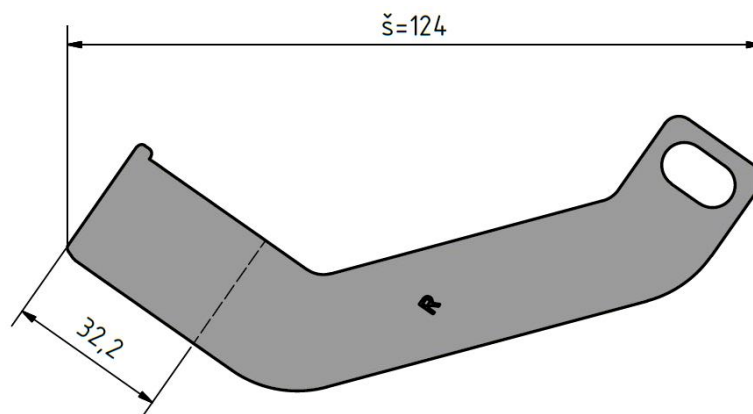
$$L_{o10} = \frac{\pi \cdot \alpha_{10}}{180} \cdot (R_{10} + x_{10} \cdot s) = \frac{\pi \cdot 45}{180} \cdot (1,5 + 0,4 \cdot 2) = 1,81 \text{ mm}$$

➤ Celková rozvinutá délka ohýbané části polotovaru

$$L_c = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{j=1}^k L_{oj} = L_1 + L_3 + L_5 + L_7 + L_9 + L_{o2} + L_{o4} + L_{o6} + L_{o8} + L_{o10}$$

$$L_c = 4,6 + 1 + 0,7 + 5,3 + 9,8 + 3,61 + 1,81 + 1,81 + 1,81 + 1,81 = 32,25 \text{ mm}$$

Délka ohnuté části ramene (obr. 46) činí $L_c = 32,25 \text{ mm}$. S ohledem na přesnost výroby byla zvolena délka ohnuté části na $L_c = 32,2 \text{ mm}$. Rozměry polotovaru před operací ohybu jsou patrné na obrázku 46.

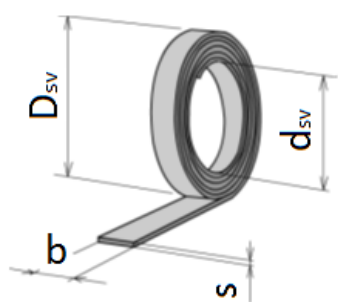


Obr. 46 Rozměry rozvinutého tvaru součásti

3.2 Volba polotovaru [5], [26], [36], [47]

Vzhledem k tvarové složitosti dílu je možné uspořádání součástí na pásu plechu ve dvou variantách. Na obrázku 47 je zobrazeno variantní rozložení č.1, kde jsou díly umístěny v podélném směru vůči zavádění pásu. Dalším způsobem rozmístění součástí je na obrázku 48, kde je naopak rozmístění dílu provedeno v kolmém směru vůči zavádění pásu. U obou variant byla stanovena velikost můstku a postranního odpadu jejichž hodnoty jsou uvedeny v obrázcích u jednotlivých variant, z důvodu tvarové specifikace dílu. Volba vychází z tabulky uvedené

v příloze č.1. Jako polotovary pro výrobu součástí je možné uvažovat tabule plechu, která by následně byla nadělena na jednotlivé pruhy, ze kterých by byly vystřiženy součásti. Nebo polotovary může být ve formě svitku plechu, který je dodáván od dodavatele v požadované šířce a délce. Tabule plechu pro případ této práce nebude uvažována, jelikož strojní park firmy není na tento typ výroby vhodný, dělení tabule plechu na pásy by bylo nutné provádět v kooperaci. Firma disponuje rovinovacími a odvíjecími stroji, což je důvodem k volbě svitku. Svitok (obr. 46) bude tloušťky 2 mm, bude dodáván už v připravené šířce 'b' a zbylé rozměry svitku jsou: vnitřní průměr $d_{sv} = 600$ mm a vnější průměr může být dodáván $D_{sv} = 1000$ až 1850 mm. Vzorový výpočet bude proveden pro vnější průměr 1000 mm s hustotou oceli $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ a rozmístění dílu na pásu č.1 tj. šířkou 52 mm



Obr. 49 Svitok [47]

➤ Hmotnost svitku

$$m_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_{sv}^2 - d_{sv}^2)}{4} \cdot b \cdot \rho_{ocel} \quad (3.1)$$

$$m_{sv} = \frac{\pi \cdot (1000^2 - 600^2)}{4} \cdot 52 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 205,18 \text{ kg}$$

➤ Délka svitku

$$L_{sv} = \frac{m_{sv}}{b \cdot s \cdot \rho_{ocel}} = \frac{205,18}{52 \cdot 2 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}} = 251\,322,88 \text{ mm} \quad (3.2)$$

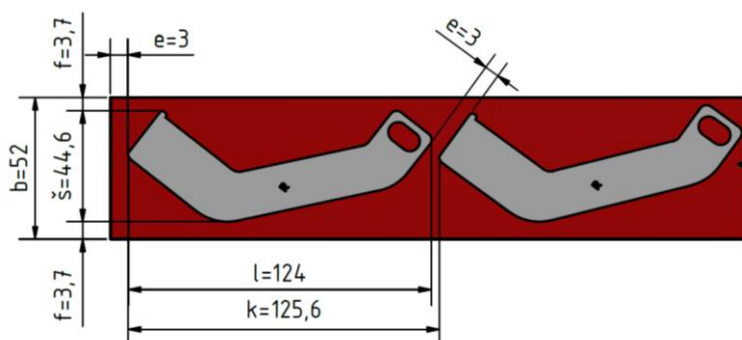
➤ Plocha svitku

$$S_{sv} = L_{sv} \cdot b = 251\,322,88 \cdot 52 = 13\,068\,789,76 \text{ mm}^2 \quad (3.3)$$

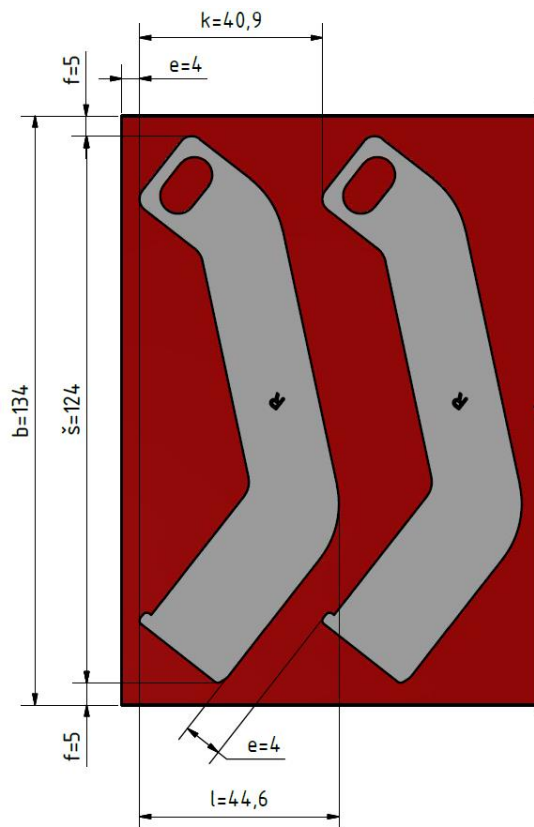
➤ Plocha výstřižku bez konstrukčních otvorů v rozvinutém tvaru, byla s ohledem na jeho tvarovou složitost stanovena pomocí softwaru Autodesk Inventor Profesionál 2018, viz příloha 17.

$$S_v = 2\,466,21 \text{ mm}^2$$

➤ Počet výstřižků z jednoho svitku



Obr. 47 Variantní rozložení součástí č. 1



Obr. 48 Variantní rozložení součástí č. 2

$$n_{vsv} = \frac{L_{sv}}{k} = \frac{251\,322,88}{125,6} = 2000,98 \text{ ks} \quad (3.4)$$

Bylo zvoleno 2 000 ks.

- Počet svitků pro danou sérii kusů

$$n_{sv} = \frac{N}{n_{vsv}} = \frac{29400}{2000} = 14,7 = 15 \text{ ks} \quad (3.5)$$

Bylo zvoleno 15 ks.

- Využití svitku, (dle kapitoly: 2.1.3)

$$\eta_{sv} = \frac{n_{vsv} \cdot S_v}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{2000 \cdot 2466,21}{13\,068\,789,76} \cdot 100 = 37,74 \%$$

Bylo zvoleno 37,7 %.

- Využití všech svitků

$$\eta_{csv} = \frac{N \cdot S_v}{S_{sv} \cdot n_{sv}} \cdot 100 = \frac{29400 \cdot 2466,21}{13\,068\,789,76 \cdot 15} \cdot 100 = 36,99 \% \quad (3.6)$$

Bylo zvoleno 37 %.

Výsledky výpočtů pro další varianty a vnější průměry svitku jsou uvedeny v níže přiložené tabulce.

Tab. 5 Využití jednotlivých svitků plechu pro uspořádání dílů ve variantě č.1.

Vnější průměr	D _{sv} [mm]	1850	1500	1300	1000
Vnitřní průměr	d _{sv} [mm]	600	600	600	600
Hmotnost svitku	m _{sv} [kg]	981,84	605,93	426,40	205,18
Délka svitku	L _{sv} [mm]	1 202 645,76	742 197,45	522 292, 99	251 322,88
Plocha svitku	S _{sv} [mm ²]	62 537 579,52	38 594 267,40	27 159 235,48	13 068 789,76
Plocha výstřižku	S _v [mm ²]	2 466,21	2 466,21	2 466,21	2 466,21
Počet kusů ze svitku	n _{vsv} [ks]	9 575	5 909	4 158	2 000
Počet svitků pro sérii	n _{sv} [ks]	4	5	8	15
Využití svitku	η _{sv} [%]	37,8	37,8	37,7	37,7
Využití všech svitků	η_{csv} [%]	29,0	37,6	33,4	37,0

Tab. 6 Využití jednotlivých svitků plechu pro uspořádání dílů ve variantě č.2.

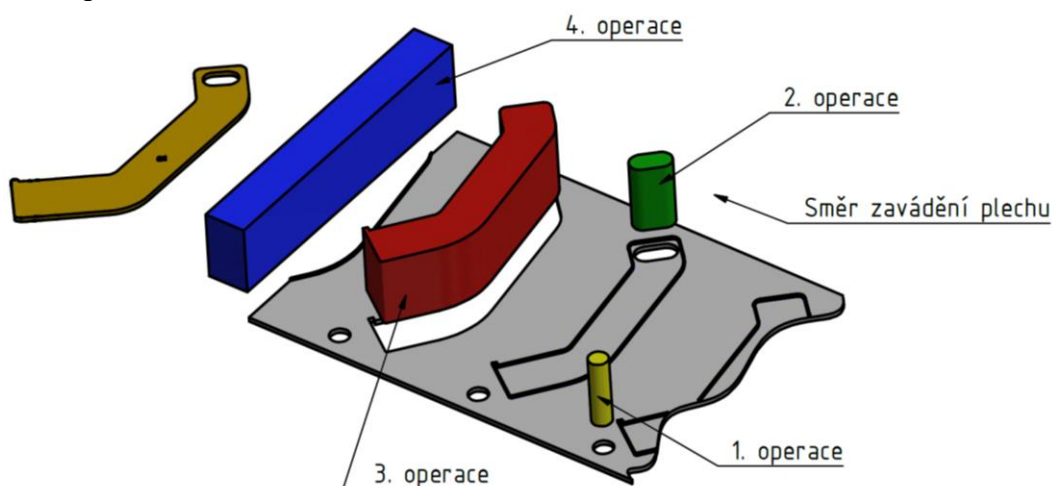
Vnější průměr	D _{sv} [mm]	1850	1500	1300	1000
Vnitřní průměr	d _{sv} [mm]	600	600	600	600
Hmotnost svitku	m _{sv} [kg]	2 530,12	1 561,44	1 098,79	528,74
Délka svitku	L _{sv} [mm]	1 202 642,84	742 199,83	522 288,24	251 326, 17
Plocha svitku	S _{sv} [mm ²]	161 154 140,60	99 454 777,22	69 986 624,16	33 677 706,78
Plocha výstřižku	S _v [mm ²]	2 466,21	2 466,21	2 466,21	2 466,21
Počet kusů ze svitku	n _{vsv} [ks]	29 404	18 146	12 769	6 144
Počet svitků pro sérii	n _{sv} [ks]	1	2	3	5
Využití svitku	η _{sv} [%]	45,0	45,0	45,0	45,0
Využití všech svitků	η_{csv} [%]	45,0	36,5	34,5	43,1

Byla provedena analýza využitelnosti jednotlivých rozměrových typů svitku v závislosti na variantním rozložení dílů na plechu (tabulka 5 a 6). Při volbě rozložení dílu č.1 pro velikost série činící 29 400 ks/rok je nejvyšší využitelnost dosažena při volbě svitku o vnějším rozměru D_{sv} = 1500 mm a to η_{csv} = 37,6 %. Naopak při druhém způsobu rozložení dílů na svitku pro stejně velkou sérii výroby je nejvyšší využitelnost dosažena při volbě svitku o vnějším rozměru D_{sv} = 1850 mm a to η_{csv} = 45,0 %. Velikost rozdílu mezi jednotlivými rozměry tedy činí 7,4 %.

Využití materiálu dosahuje nižších hodnot způsobených tvarovou složitostí součásti. Po celkovém zhodnocení byl zvolen polotovar ve formě svitku s vnějším rozměrem 1 850 mm, s vnitřním rozměrem 600 mm, šířkou 134 mm, celkovou délkou rozvinutého svitku 1 202 642 mm a o šířce materiálu 2 mm. Svitok bude do nástroje zaváděn pomocí automatizovaného zařízení složeného z podávací a rovnací linky.

3.3 Postup výroby stříháním v nástroji [26]

Výroba nosného ramene je rozdělena do dvou fází, jak již bylo zmíněno výše. V první fázi dochází ve střížném nástroji k vystřížení rozvinutého tvaru součásti. Postup výroby byl navržen ve čtyřech operacích, viz obr. 50.



Obr. 50 Postup výroby stříháním v nástroji

1. operace – pomocí automatizovaného podavače bude zaveden pás svitku k načínacímu dorazu. Následně bude prostřížen technologický otvor o $\varnothing 8$ mm pro následné zahledání materiálu v dalších operacích.
2. operace – proběhne zahledání materiálu pomocí již vystříženého technologického otvoru a poté dojde k vystřížení tvaru elipsy pro excentr.
3. operace – zde dochází k vystřížení vnějšího tvaru součásti a propadu do boxu umístěného pod nástrojem.
4. operace – vzhledem ke zvolenému polotovaru je zapotřebí v poslední operaci provést dělení odpadu na menší kusy, dále odpad pokračuje na skluz.

3.3.1 Výpočty [5], [26], [36], [48]

Výpočty pro střížný nástroj jsou provedeny pro zvolenou ocel (kapitola 1) tedy DC01, dle DIN 1.0330 (ČSN 11 331). Pro výpočty jsou uvedeny podstatné parametry: $R_m = 410$ MPa, $s = 2$ mm, koeficient otupení nástroje $k = 1,3$. Výpočty budou prováděny podle kapitoly 2.1.1 a 2.1.2, dle vzorců (2.1) až (2.4).

- Napětí ve stříhu

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 410 = 328 \text{ MPa} \quad (3.7)$$

- Střížná vůle pro tloušťku plechu $s \leq 3$

$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} = 2 \cdot 0,32 \cdot 0,01 \cdot 2 \cdot \sqrt{328} = 0,23 \text{ mm}$$

- Střížná síla pro technologický střížník $\varnothing 8$ mm

$$F_{s1} = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot l_{s1} \cdot s = 1,3 \cdot 328 \cdot (\pi \cdot 8) \cdot 2 = 21\,433,2 \text{ N}$$

- Střížná síla pro střížník oválného tvaru

$$F_{s2} = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot l_{s2} \cdot s = 1,3 \cdot 328 \cdot 37,13 \cdot 2 = 31\,664,5 \text{ N}$$
$$l_{s2} = 37,13 \text{ mm (dle software Autodesk Inventor Profesionál 2018)}$$

- Střížná síla pro tvarový střížník ve 3. operaci

$$F_{s3} = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot l_{s3} \cdot s = 1,3 \cdot 328 \cdot 295,08 \cdot 2 = 251\,644,2\,N$$

$$l_{s3} = 295,08\,mm \text{ (dle software Autodek Inventor Profesionál 2018)}$$

- Střížná síla pro přestřihovací střížník

$$F_{s4} = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot l_{s4} \cdot s = 1,3 \cdot 328 \cdot 70 \cdot 2 = 59\,696\,N$$

$$l_{s4} = 70\,mm \text{ (dle software Autodek Inventor Profesionál 2018)}$$

Na závěr je proveden výpočet celkové střížné síly, která je dána součtem všech střížných sil. V první operaci je použit technologický střížník o průměru 8 mm, který se v nástroji vyskytuje jedenkrát. Následně v druhé operaci je umístěn oválný střížník opět v počtu jednoho kusu. Největší síla byla vypočtena ve třetí operaci, kde dochází k vystřihování vnějšího tvaru součásti. V závěru byla vypočtena síla potřebná na přestřížení svitku plechu.

- Celková střížná síla

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} = 21\,433,2 + 31\,664,5 + 251\,644,2 + 59\,696$$

$$= 364\,437,9\,N = 364,4\,kN$$

- Stírací síla (zvoleno $k_{st} = 0,09$)

$$F_{st} = F_s \cdot k_{st} = 364\,437,9 \cdot 0,09 = 32\,799,4\,N = 32,8\,kN \quad (3.8)$$

kde: k_{st} [-] koeficient pro výpočet stírací síly byl zvolen = 0,09

($s = 1$ až $5\,mm$ $k_{st} = 0,06$ až $0,12$).

Pro stírání byl zvolen pneumatický válec s označením TECAPRES MICRO 38Hx12. Válec bude při zdvihu nástroje stlačen o $h_z = 12\,mm$, kde síla válce dosahuje hodnoty $F_{pr} = 10\,150\,N$. Další parametry válce například tuhost k_{pr} jsou uvedeny v příloze č. 2.

- Počet válců pro stírání

$$n_{pr} = \frac{F_{st}}{F_{pr}} = \frac{32\,799,4}{10\,150} = 3,23\,ks \quad (3.9)$$

Z výpočtu bylo zjištěno, že je zapotřebí 4 kusů pneumatických válců.

- Stírací síla vyvozena pneumatickými válci

$$F_{sts} = F_{pr} \cdot n_{pr} = 10\,150 \cdot 4 = 40\,600\,N \quad (3.10)$$

- Práce válců ke stírání

$$A_{st} = n_{pr} \cdot \left(\frac{1 \cdot k_{pr} \cdot h_z^2}{2 \cdot 1000} \right) = 4 \cdot \left(\frac{1 \cdot 845 \cdot 12^2}{2 \cdot 1000} \right) = 243,4\,J \quad (3.11)$$

- Střížná práce pro střížníky, dle kapitoly 2.1.2, součinitel zvolen, dle diagramu na obr. 25 $\lambda = 0,6$

$$A_s = \frac{\lambda \cdot F_s \cdot s}{1000} = \frac{0,6 \cdot 364\,437,9 \cdot 2}{1000} = 437,3\,J$$

- Celková práce

$$A_s = A_{st} + A_s = 243,4 + 437,3 = 680,7\,J$$

Po provedené kontrole střížníku na otlačení, bylo zjištěno, zda hrozí vtlačování střížníku do upínací desky. Napětí vznikající na dosedacích plochách nesmí přesáhnout mezní hodnotu dovoleného napětí $\sigma_{dov} = 180\,MPa$. Pokud by došlo k překročení dovoleného napětí, musí být v konstrukci nástroje uvažována opěrná deska z kalené oceli, která je umístěna mezi kotevní a upínací deskou.

- Obsah dosedací plochy střížníku $\varnothing 8\,mm$ (upínací část střížníku o $\varnothing 11\,mm$)

$$S_s = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \frac{\pi \cdot 11^2}{4} = 95,03\,mm^2$$

- Napětí na dosedací ploše nejmenšího střižníku

$$\sigma_s = \frac{F_{s1}}{S_{s1}} \leq \sigma_{dov} \quad (3.12)$$

$$\sigma_s = \frac{21\,433,2}{95,03} = 225,5 \text{ MPa}$$

Dle výše provedených výpočtů je zřejmé, že napětí na dosedací ploše střižníku dosahuje vyšší hodnoty než je dovolené napětí ($\sigma_s = 225,5 \text{ MPa} > \sigma_{dov} = 180 \text{ MPa}$), a proto bude muset být při konstrukci nástroje uvažována kalená opěrná deska.

Následně byla provedena kontrola střižníku na vzpěr, která se provádí u dlouhých střižníků s malým průměrem. Celková délka nesmí být větší než je vypočtena kritická délka. Při překročení této hodnoty by mohlo dojít k poškození ve formě deformace nebo ke zlomení. Výpočet byl prováděn dle vztahů pro vedené střižníky, kde je uvažováno, že střižník je vetknutý na obou dvou koncích. Bylo tedy zapotřebí stanovit moment setrvačnosti nejmenšího střižníku, kde byl volen koeficient bezpečnosti $n = 1,8$.

- Kvadratický moment setrvačnosti nejmenšího střižníku $\varnothing 8 \text{ mm}$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 8^4}{64} = 201,1 \text{ mm}^4, \quad (3.13)$$

kde: I [mm⁴] kvadratický moment setrvačnosti kruhového průřezu.

- Kritická délka nejmenšího střižníku $\varnothing 3,5 \text{ mm}$

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot d_s \cdot s \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 201,1}{1,8 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 328}} = 420,1 \text{ mm}, \quad (3.14)$$

kde: l_{krit} [mm] kritická délka střižníku,
 E [MPa] modul pružnosti v tahu (ocel: $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$),
 n [-] koeficient bezpečnosti $n = (1,5 \div 2)$,
 d_s [mm] průměr kontrolovaného střižníku.

Při kontrole na vzpěr nejmenšího střižníku $\varnothing 8 \text{ mm}$ bylo zjištěno, že kritická délka střižníku je 420,1 mm.

Pro konstrukci nástroje je zapotřebí provést výpočty funkčních rozměrů střižníku a otvorů ve střižnici. Nejdříve je zapotřebí určit hodnoty tolerancí u netolerovaných rozměrů na součásti. Volba tolerancí je provedena dle normy ČSN ISO 2768-1, která se zabývá délkovými a úhlovými tolerancemi rozměrů. Při volbě tolerancí byly voleny hodnoty střední třídy přesnosti 'm'. Hodnoty střední třídy 'm' jsou zpracovány v tabulce č.7.

Tab. 7 Mezní úchytky nepředepsaných rozměrů [48].

Rozsah rozměrů [mm]	Mezní úchytky [mm]
3 až 6	$\pm 0,1$
6 až 30	$\pm 0,2$
30 až 120	$\pm 0,3$
120 až 400	$\pm 0,5$

Následně je dle normy ČSN 22 6015 proveden přepočet na funkční rozměry podle vzorců pro výpočet základních rozměrů střižníků a otvorů ve střižnici při děrování a vystřihování, viz příloha č.3. Rozměry jsou voleny dle tolerancí výstřižku a rozměr otvoru ve střižnici je navýšen o hodnotu střižné vůle. Ve výpočtech se počítá i s přípustnou mírou opotřebení a výrobními tolerancemi střižníků a otvorů ve střižnici (příloha č.4). Vzorový výpočet je proveden pro funkční otvor $\varnothing 8 \text{ mm}$.

- Funkční rozměry střížníku Ø 8 mm

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left(8 + \frac{0,310}{2} \right) - 0,074 = 8,155_{-0,074}^0 \text{ mm}, \quad (3.15)$$

kde: RAD [mm] rozměr střížníku při děrování,
JR [mm] jmenovitý rozměr otvoru,
P [mm] přípustná míra opotřebení,
TA [mm] výrobní tolerance střížníku.

- Funkční rozměry střížnice s otvorem Ø 8 mm

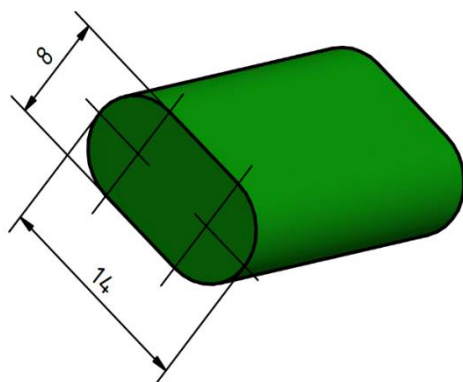
$$RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v \right) + TE = \left(8 + \frac{0,310}{2} + 0,23 \right) + 0,120 = 8,385_{+0,120}^0 \text{ mm} \quad (3.16)$$

kde: RED [mm] rozměr střížnice při děrování,
TE [mm] výrobní tolerance střížnice.

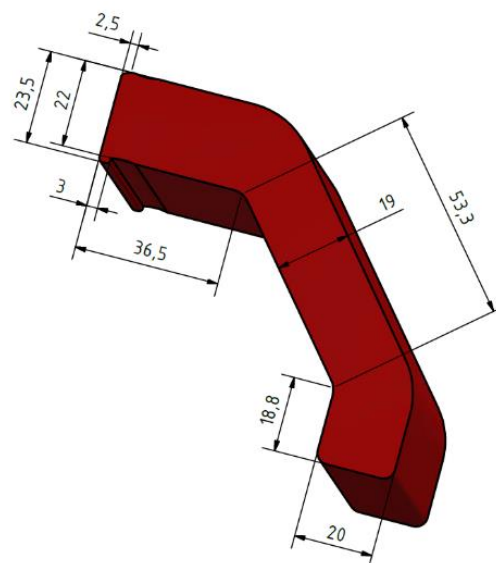
Funkční rozměry všech střížníků a otvorů ve střížnici jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tab. 8 Funkční rozměry střížníků a střížnic v [mm].

Stříhaný otvor	Funkční rozměr střížníku	Funkční rozměr střížnice
Ø 8	$8,155_{-0,074}^0$	$8,385_{+0,120}^0$
Tvarový střížník (Obr. 49)	$8,155_{-0,074}^0$	$8,385_{+0,120}^0$
	$14,155_{-0,074}^0$	$14,385_{+0,120}^0$
Tvarový střížník (Obr. 50)	$2,225_{-0,035}^0$	$2,42_{+0,054}^0$
	$2,725_{-0,035}^0$	$2,92_{+0,054}^0$
	$18,489_{-0,074}^0$	$18,645_{+0,120}^0$
	$18,689_{-0,074}^0$	$18,845_{+0,120}^0$
	$19,689_{-0,074}^0$	$19,845_{+0,120}^0$
	$21,725_{-0,035}^0$	$21,92_{+0,054}^0$
	$23,189_{-0,074}^0$	$23,345_{+0,120}^0$
	$36,15_{-0,120}^0$	$36,26_{+0,190}^0$
	$52,95_{-0,120}^0$	$53,06_{+0,190}^0$



Obr. 51 Tvarový střížník (elipsa)



Obr. 52 Tvarový střížník (rameno)

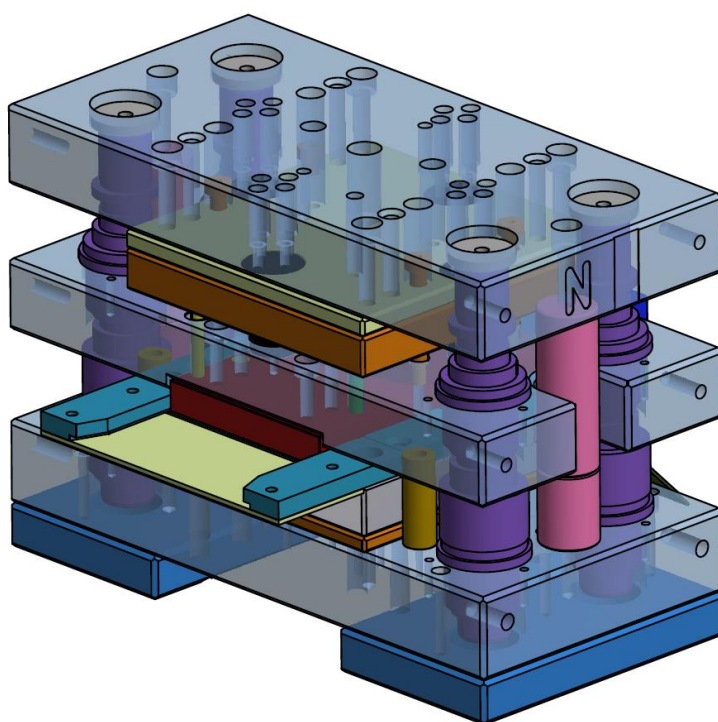
Střížník v poslední operaci, který zajišťuje dělení odpadu (role svitku) na menší části je přišroubován na vnější straně nástroje, při montáži pak musí být provedeno seřízení střížné vůle na vypočtenou hodnotu $v = 0,23 \text{ mm}$. Z toho důvodu není třeba provádět výpočet jmenovitých rozměrů.

➤ Poloha výsledné síly při technologii stříhání

Pro konstrukci nástroje je zapotřebí stanovit polohu těžiště střížné síly. Výpočet je nutné provést z důvodu zamezení velkého opotřebení kluzných částí jak nástroje, tak i následně zvoleného stroje. Výsledná síla musí působit v ose beranu lisu, kde je umístěna stopka nástroje. Vzhledem k tvarové složitosti vyráběného dílu a možnosti uplatnění výpočetní techniky a softwaru k tomu určenému bylo působíště síly stanoveno pomocí softwaru Autodesk Inventor Profesional 2018. Pozice výsledné střížné síly se nachází na pozici $X = 102,5 \text{ mm}$ od pravého dolního rohu a v ose $Y = 206,3 \text{ mm}$ z pohledu na přední stranu nástroje (označeno písmenem N). Na této pozici se bude nacházet stopka nástroje.

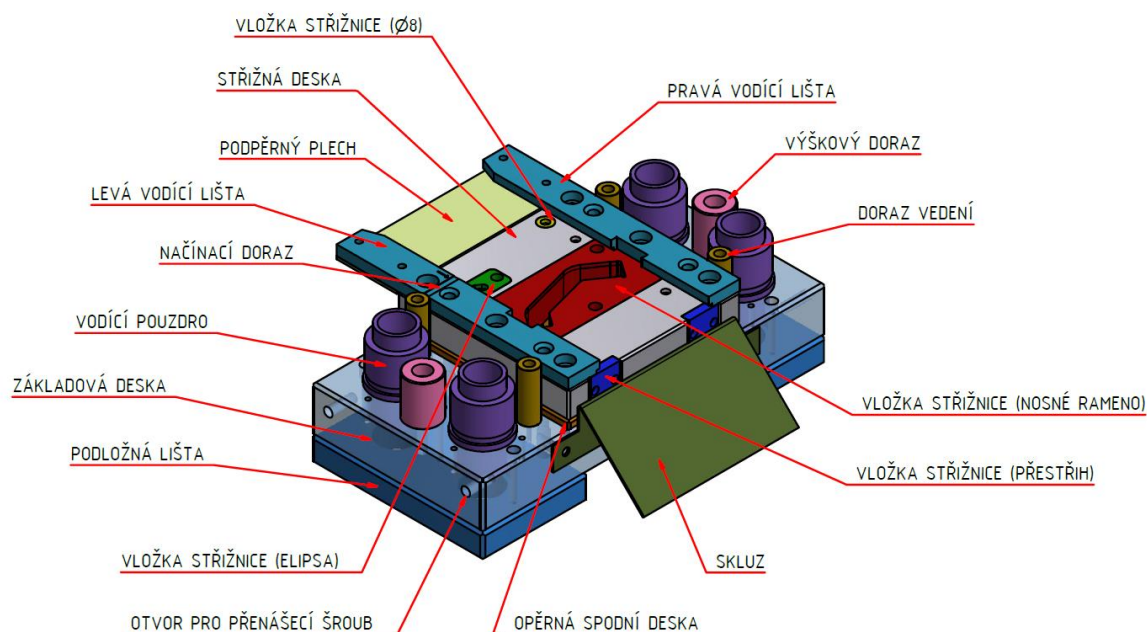
3.3.2 Popis nástroje a volba výrobního stroje [5], [26], [49]

Nástroj v sevřeném stavu lze vidět na obrázku 53. Spodní část nástroje je zobrazena na obrázku č. 54 spolu s popisem jednotlivých částí. Skládá se ze základové desky, která je podložena podložními lištami a upevněna pomocí upínek ke stolu lisu. Pro snadnější manipulaci jsou vyhotoveny v základové desce otvory se závity, do kterých jsou zašroubovány přenášecí šrouby, viz příloha 5. Dále jsou v desce osazeny dva výškové dorazy a čtyři dorazy vedení pro zajištění požadované vzdálenosti mezi základovou a vodící deskou. Vodící pouzdra (příloha 6)



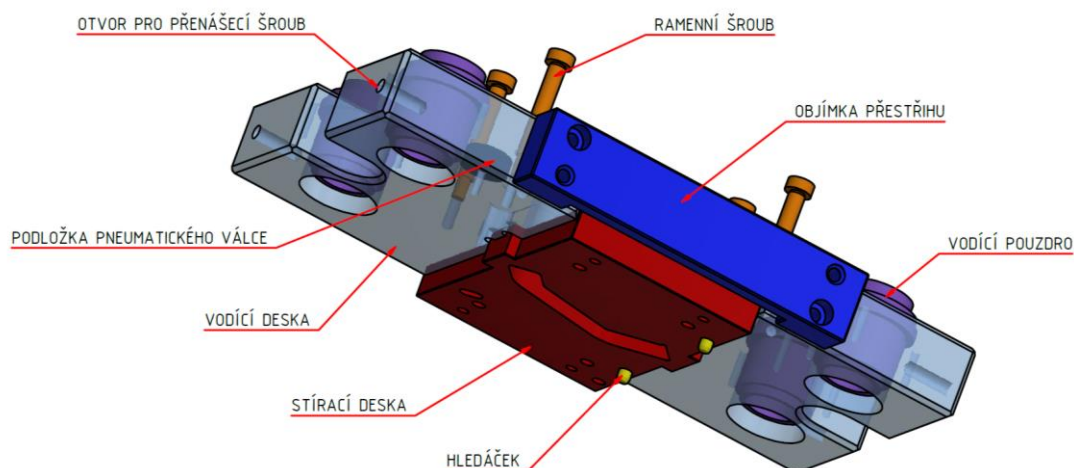
Obr. 53 Střížný nástroj v sevřeném stavu

označena fialovým podbarvením jsou pomocí upínek (příloha 7) umístěna k základové desce a spolu s vodícími sloupky (příloha č. 8) zajišťují správné polohy obou polovin nástroje. Oranžovým podbarvením je umístěna opěrná spodní deska, na níž je uložena střížná deska. Vzhledem k rozměrové specifikaci dílu je deska vložkována, a to třemi vložkami (žluté, zelené a červené podbarvení). Vložky jsou upevněny ve střížné desce za pomoci šroubů nebo osazení. Na střížné desce se nachází vodící lišty v modifikaci levá a pravá. Lišty slouží pro vedení plechu po celé délce nástroje. V levé liště je osazen načínací doraz pro zajištění polohy svitku při zavedení nového pásu plechu. Pod vodícími lištami je přišroubován podpěrný plech, který slouží pro snadnější zavádění plechu do nástroje. Jednotlivé součásti jsou vůči sobě spojeny normalizovanými šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem dle normy DIN 912. Přesnost ustavení dílců je zajištěna válcovými kolíky dle normy ISO 2338.



Obr. 54 Spodní část střižného nástroje

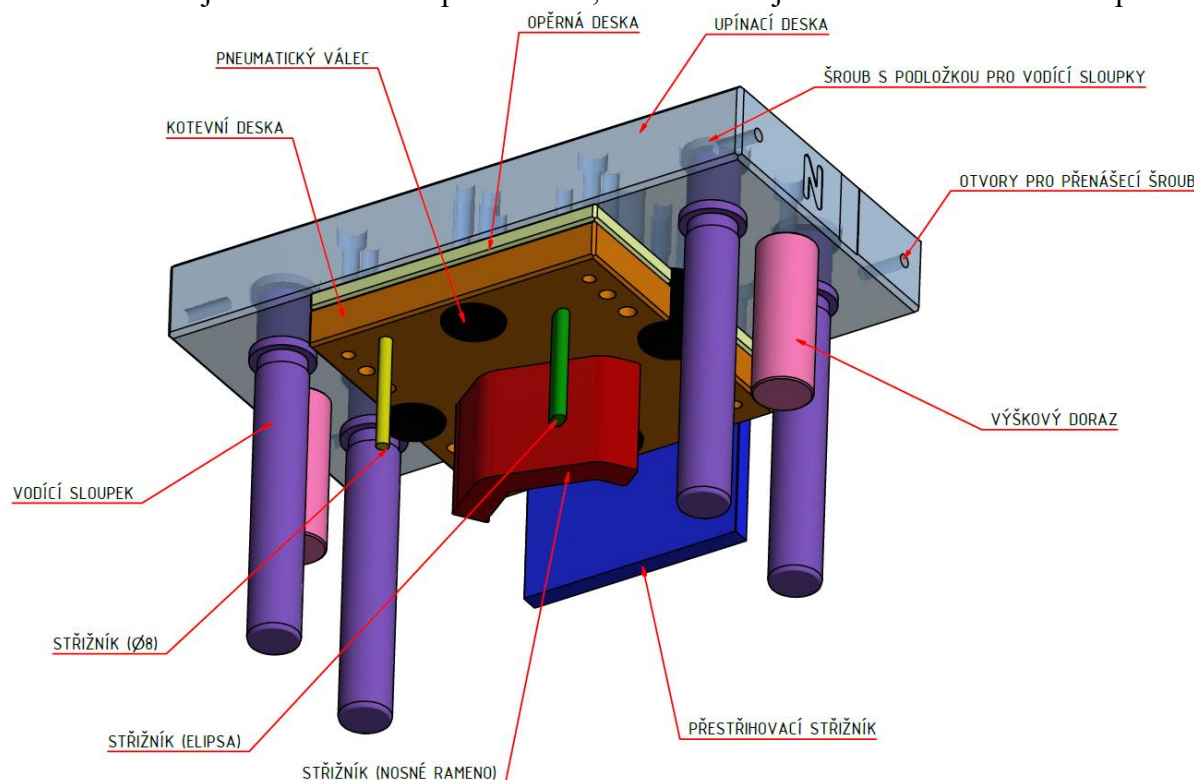
Střední část nástroje, obrázek 55, je složena z vodící desky, ve které jsou opět vyhotoveny otvory pro přenášečí šrouby. Pomocí upínek budou připevněna vodící pouzdra (fialové podbarvení) pro zajištění přesného chodu. Vzhledem k použití pneumatických válců pro vyvození stírací síly jsou k desce připevněny podložky určené pod pneumatické válce. Podložky jsou umístěny ve vodící desce kvůli zamezení vymačkávání materiálu v místě styku válce a desky. Ve vodící desce jsou vytvořeny závity, kde jsou zašroubovány ramenní šrouby (příloha 9), jenž vymezují vzdálenost mezi kotevní (horní část nástroje) a vodící deskou. Červeným podbarvením je vyznačena stírací deska, která zajišťuje stírání plechu ze střižníku při zdvihu lisu. Ve stírací desce jsou vyhotoveny otvory pro hledáčky, které zajišťují přesnost výroby tím, že hledáček před samotným stříhem provede zahledání technologického otvoru v pásu plechu. Vzhledem k použití přestřihovacího střižníku určeného k dělení odpadu a jeho rozměrům bylo zapotřebí uvažovat při konstrukci nástroje objímku pro vedení přestřihovacího střižníku.



Obr. 55 Střední část střižného nástroje

Horní část nástroje – obrázek č. 56 se skládá z upínací desky, do které je zašroubována stopka pro upnutí nástroje do beranu lisu. V 3D sestavě stopka není vymodelována z důvodu požadavků firmy. Do desky je vyhotoven pouze závit a stopka je montována až při zakládání do lisu z důvodu větší variability umístění výroby na jiný stroj a také z transportní velikosti. Předepsaná velikost stopky dle volby lisu je patrná v příloze č. 10. Z důvodu větší bezpečnosti

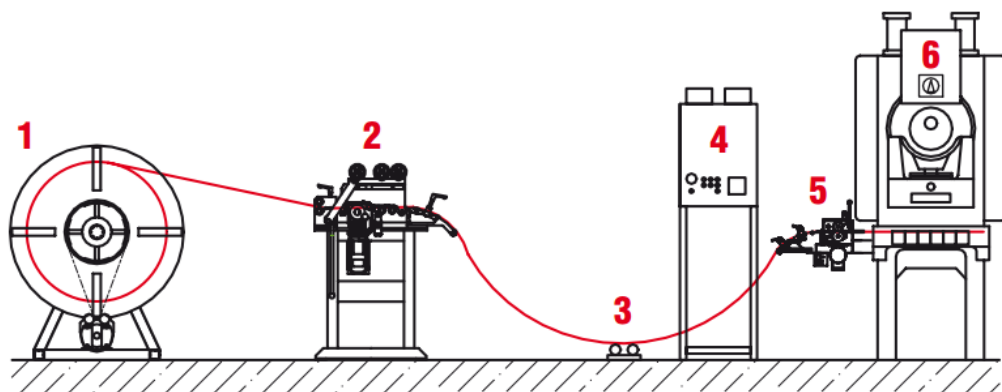
bude upnutí horní části nástroje zajištěno také upínkami k beranu lisu. Mezi upínací a kotevní deskou je zkonstruována opěrná deska, která zamezuje vtlačování střížníku do upínací



Obr. 56 Horní část střížného nástroje

desky. Kotevní deska slouží pro upevnění střížníku pomocí osazení a dále v ní jsou umístěny pneumatické válce, které vyvozují stírací sílu. Růžovým podbarvením jsou označeny výškové dorazy, které jsou opět upnuty do upínací desky. Vodící sloupky (fialové podbarvení) zajišťují správnou polohu spodní a horní části nástroje a jsou v upínací desce upnuty pomocí normalizovaných šroubů a podložek, viz příloha 11.

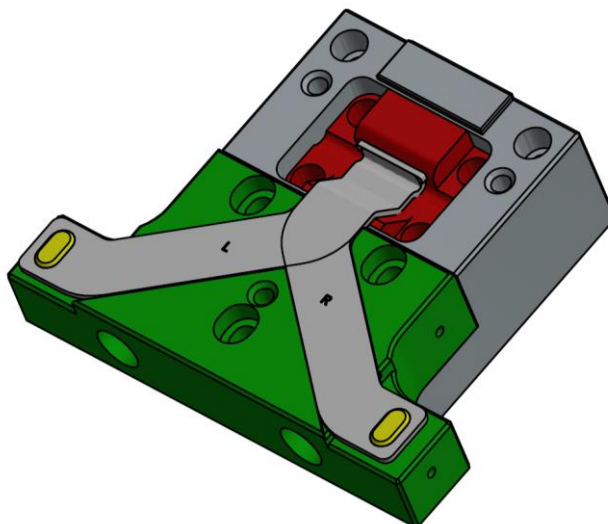
Při volbě lisu je zapotřebí zvolit takový, který vykoná jmenovitou sílu (kapitola 3.3) vyšší, než je jeden a půl násobek potřebné střížné síly. Jeden a půl násobek je volen z důvodu navýšení střížné síly o rezervu. Následně je zapotřebí dbát pozornosti na velikost zdvihu a velikost upínacích ploch. Vypočtené a zjištěné parametry splňuje lis od firmy Andritz Kaiser s označením PV120F/1. Tento lis je excentrický, je určen pro postupové tváření z pásu plechu v nástrojích. Parametry stroje jsou uvedeny v příloze 12. Stroj bude umístěn do automatizované linky od firmy Attl a spol. s r.o. s typovým označením ARPL typ RAL 250. Jednotlivé parametry linky jsou uvedeny v příloze 13. Schéma a umístění jednotlivých zařízení linky je patrné na obrázku 57, kde je (1) odvíják, (2) rovnačka, (3) sledování smyčky, (4) ovládacího panelu, (5) podavače, (6) zvolený lis.



Obr. 57 Schéma automatizované linky [49]

3.4 Postup výroby ohýbáním v nástroji [26]

Výroba tvarového ohybu bude prováděna v jednoduchém ohýbacím nástroji. Nosné rameno se z vystřiženého polotovaru do požadovaného tvaru ohne pomocí jednoho kroku (zdvihu lisu). Založení dílu do ohýbacího nástroje bylo navrženo s ohledem na tvarovou složitost ohybu a také na ruční zakládání a vyjmutí dílce z nástroje. Polotovar bude do nástroje zakládán tak, že vystřižené oválné otvory v polotovaru budou založeny na žlutě vyznačené čepy (obr.58). Dále v zeleně vyznačené základací desce budou zafrézovány drážky pro umístění těla nosného ramene, drážky budou vyrobeny s určitou vůlí pro snadnější zakládání a vyjímání dílce. Na závěr bude

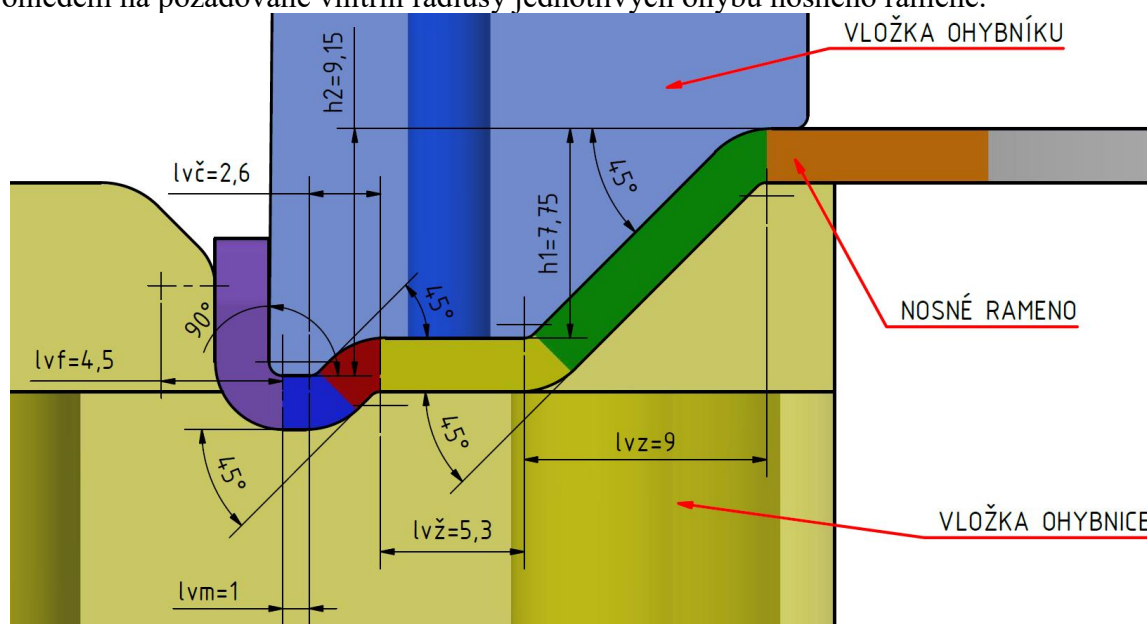


Obr. 58 Založení dílu do ohýbacího nástroje

polotovar položen na ohybovou vložku (označena červeně) a přiložen k dorazu na ohybové desce (šedé podbarvení). Jak již bylo dříve zmíněno vyráběné díly je zapotřebí vyrábět v modifikaci levé a pravé. Z důvodu finanční úspory bylo zapotřebí navrhnout nástroj kde je možné obě tyto varianty vyrobit bez zdoluhavé výměny vložky či seřízení nástroje. V této variantě založení dílce byl cíl naplněn, je zde možné založit pravý i levý díl bez jakékoliv výměny nebo seřízení a vyrobit tedy s požadovanými tolerancemi na výrobu.

3.4.1 Výpočty [5], [26], [36]

Před konstrukcí nástroje je zapotřebí provést několik výpočtů. Vzhledem k tvarové specifikaci dílu je nutné díl rozdělit na jednotlivé elementy, pro něž budou provedeny výpočty a poté bude určen celkový součet. Funkční zaoblení na ohybníku R_p a ohybnici R_m byly zvoleny s ohledem na požadované vnitřní rádiusy jednotlivých ohybů nosného ramene.



Obr. 59 Rozdělení tvarového ohybu na jednotlivé elementy

- Výpočet ohybové vůle dle (2.11)

$$v_o = s_{max} + c_o \cdot s = 2,05 + 0,1 \cdot 2 = 2,25 \text{ mm}$$

Bylo zvoleno $c_o = 0,1$, dle tabulky č. 4.

- Určení minimálního poloměru ohybu dle (2.12)

$$R_{min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_p \cdot s = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ mm}$$

Bylo zvoleno $c_p = 0,4$.

- Určení maximálního poloměru ohybu dle (2.13)

$$R_{max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{2}{2} \cdot \left(\frac{2,1 \cdot 10^5}{280} - 1 \right) = 749 \text{ mm}$$

Kde: $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$, $R_e = 280 \text{ MPa}$.

- Velikost odpružení pro zelený úsek ohybu (dle tab. 3 bylo zvoleno $k_o = 0,6$)

$$\beta_z = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{l_{vz}}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{4,5}{0,6 \cdot 2} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 0,11^\circ$$

- Velikost odpružení pro žlutý úsek ohybu (dle tab. 3 bylo zvoleno $k_o = 0,6$)

$$\beta_{\text{ž}} = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{l_{v\text{ž}}}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{5,3}{0,6 \cdot 2} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 0,13^\circ$$

- Velikost odpružení pro červený úsek ohybu (dle tab. 3 bylo zvoleno $k_o = 0,6$)

$$\beta_{\text{č}} = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{l_{v\text{č}}}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{2}{0,6 \cdot 2} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 0,06^\circ$$

- Velikost odpružení pro modrý úsek ohybu (dle tab. 3 bylo zvoleno $k_o = 0,6$)

$$\beta_m = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{l_{vm}}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{1}{0,6 \cdot 2} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 0,02^\circ$$

- Velikost odpružení pro fialový úsek ohybu (dle tab. 3 bylo zvoleno $k_o = 0,6$)

$$\beta_f = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{l_{vf}}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{2,8}{0,6 \cdot 2} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 0,07^\circ$$

Ohybová síla bude vypočtena dle výše uvedených vztahů, kde vztah (2.13) bude použit pro stanovení potřebné síly pro ohyb barevně zvýrazněné části dílce a (2.14) pro stanovení celkové síly s použitím přidržovače a s uvažovanou kalibrační silou.

- Velikost ohybové síly pro zelený úsek ohybu

$$F_{oz} = \frac{b_{oz} \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_{oz}} \cdot \lg \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{22 \cdot 2^2 \cdot 280}{2 \cdot 1,5} \cdot \lg \left(\frac{45}{2} \right) = 3\,402,1 \text{ N}$$

- Celková velikost ohybové síly pro zelený úsek ohybu

$$F_{cz} = F_{oz} + F_{kz} + F_{pz} = 3\,402,1 + 2 \cdot 3\,402,1 + 0,3 \cdot 3\,402,1 = 11\,226,9 \text{ N}$$

- Velikost ohybové síly pro žlutý úsek ohybu

$$F_{o\text{ž}} = \frac{b_{o\text{ž}} \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_{o\text{ž}}} \cdot \lg \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{22 \cdot 2^2 \cdot 280}{2 \cdot 1,5} \cdot \lg \left(\frac{45}{2} \right) = 3\,402,1 \text{ N}$$

- Celková velikost ohybové síly pro žlutý úsek ohybu

$$F_{c\text{ž}} = F_{o\text{ž}} + F_{k\text{ž}} + F_{p\text{ž}} = 3\,402,1 + 2 \cdot 3\,402,1 + 0,3 \cdot 3\,402,1 = 11\,226,9 \text{ N}$$

- Velikost ohybové síly pro červený úsek ohybu

$$F_{o\text{č}} = \frac{b_{o\text{č}} \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_{o\text{č}}} \cdot \lg \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{22 \cdot 2^2 \cdot 280}{2 \cdot 1,5} \cdot \lg \left(\frac{45}{2} \right) = 3\,402,1 \text{ N}$$

- Celková velikost ohybové síly pro červený úsek ohybu

$$F_{c\text{č}} = F_{o\text{č}} + F_{k\text{č}} + F_{p\text{č}} = 3\,402,1 + 2 \cdot 3\,402,1 + 0,3 \cdot 3\,402,1 = 11\,226,9 \text{ N}$$

- Velikost ohybové síly pro modrý úsek ohybu

$$F_{om} = \frac{b_{om} \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_{om}} \cdot \lg \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{22 \cdot 2^2 \cdot 280}{2 \cdot 1,5} \cdot \lg \left(\frac{45}{2} \right) = 3\,402,1 \text{ N}$$

- Celková velikost ohybové síly pro modrý úsek ohybu

$$F_{cm} = F_{om} + F_{km} + F_{pm} = 3\,402,1 + 2 \cdot 3\,402,1 + 0,3 \cdot 3\,402,1 = 11\,226,9 \text{ N}$$

- Velikost ohybové síly pro fialový úsek ohybu

$$F_{of} = \frac{b_{of} \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_{of}} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{22 \cdot 2^2 \cdot 280}{2 \cdot 1,5} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{90}{2} \right) = 8\,213,3 \text{ N}$$

- Celková velikost ohybové síly pro fialový úsek ohybu

$$F_{cf} = F_{of} + F_{kf} + F_{pf} = 8\,213,3 + 2 \cdot 8\,213,3 + 0,3 \cdot 8\,213,3 = 27\,103,9 \text{ N}$$

- Výsledná ohybová síla pro tvarový ohyb

$$F_O = F_{cz} + F_{c\check{z}} + F_{c\check{c}} + F_{cm} + F_{cf}$$

$$F_O = 11\,226,9 + 11\,226,9 + 11\,226,9 + 11\,226,9 + 27\,103,9 = 72\,011,5 \text{ N}$$

Následně je proveden výpočet ohybové práce podle vztahu (2.15) z kapitoly 2.2.4. Opět je zapotřebí provést výpočty pro každý element ohybu zvlášť, součinitel plnosti diagramu byl zvolen $\psi = 0,55$.

- Celková velikost ohybové práce pro zelený úsek ohybu

$$A_{oz} = \frac{F_{cz} \cdot h_1 \cdot \psi}{1\,000} = \frac{11\,226,9 \cdot 7,75 \cdot 0,55}{1\,000} = 47,9 \text{ J}$$

- Celková velikost ohybové práce pro žlutý úsek ohybu

$$A_{o\check{z}} = \frac{F_{c\check{z}} \cdot h_1 \cdot \psi}{1\,000} = \frac{11\,226,9 \cdot 7,75 \cdot 0,55}{1\,000} = 47,9 \text{ J}$$

- Celková velikost ohybové práce pro červený úsek ohybu

$$A_{o\check{c}} = \frac{F_{c\check{c}} \cdot h_2 \cdot \psi}{1\,000} = \frac{11\,226,9 \cdot 9,15 \cdot 0,55}{1\,000} = 56,5 \text{ J}$$

- Celková velikost ohybové práce pro modrý úsek ohybu

$$A_{om} = \frac{F_{cm} \cdot h_2 \cdot \psi}{1\,000} = \frac{11\,226,9 \cdot 9,15 \cdot 0,55}{1\,000} = 56,5 \text{ J}$$

- Celková velikost ohybové práce pro fialový úsek ohybu

$$A_{of} = \frac{F_{cf} \cdot h_2 \cdot \psi}{1\,000} = \frac{27\,103,9 \cdot 9,15 \cdot 0,55}{1\,000} = 136,4 \text{ J}$$

- Výsledná ohybová práce pro tvarový ohyb

$$A_O = A_{oz} + A_{o\check{z}} + A_{o\check{c}} + A_{om} + A_{of}$$

$$A_O = 47,9 + 47,9 + 56,5 + 56,5 + 136,4 = 345,2 \text{ J}$$

V nástroji jsou dále umístěny odlepováky, pro které bylo zapotřebí zvolit vhodné tlačné pružiny dle přílohy 15 a následně provést výpočty sil potřebných ke stlačení zvolených pružin, které pružiny byly zvoleny od výrobce Special Springs S.R.L. s výrobním označením TV 10-064, kde pružina má tuhost $k_{pr} = 1,6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ a při zdvihu bude stlačena o $h_z = 6 \text{ mm}$. Počet pružin použitých při procesu odlepování je stanoven na $n_{pr} = 2 \text{ ks}$.

- Výpočet síly pro stlačení pružin odlepováků

$$F_{odl} = k_{pr} \cdot h_z \cdot n_{pr} = 1,6 \cdot 6 \cdot 2 = 19,2 \text{ N} \quad (3.17)$$

- Výsledná velikost práce pružin k odtlačení pásu plechu

$$A_{odl} = n_{pr} \cdot \left(\frac{1 \cdot k_{pr} \cdot h_z^2}{2 \cdot 1000} \right) = 2 \cdot \left(\frac{1 \cdot 1,6 \cdot 6^2}{2 \cdot 1000} \right) = 0,1 \text{ J} \quad (3.18)$$

Pro zajištění polohy dílce při ohýbání je uvažováno umístění přitlačné desky. Síla na přitlačnou desku bude vyvozena pomocí pneumatických válců viz příloha 14. Je tedy opět nutné provést výpočty sil potřebných ke stlačení zvolených válců. Pneumatické válce byly zvoleny od výrobce TECAPRES s výrobním označením MICRO 25H x 12 Amarillo-Yellow, kde válec při zdvihu bude stlačena o $h_z = 5 \text{ mm}$ a bude dosaženo síly $F_{pr} = 4\,250 \text{ N}$. Počet válců použitých při přitlačování je zvolen na $n_{pr} = 2 \text{ ks}$.

- Přitlačná síla vyvozena pneumatickými válci:

$$F_{př} = F_{pr} \cdot n_{pr} = 4\,250 \cdot 2 = 8\,500 \text{ N}$$

- Práce pružin ke stírání

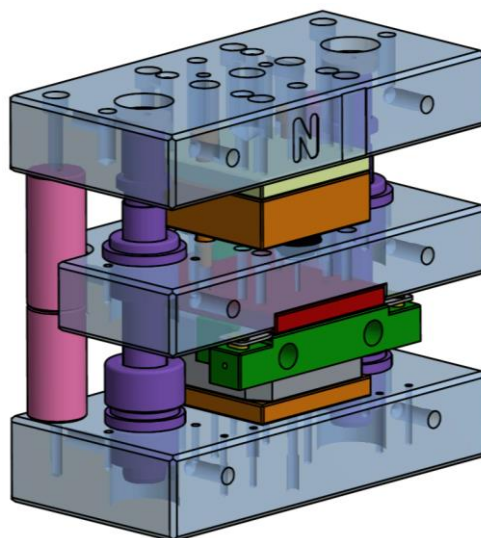
$$A_{st} = n_{pr} \cdot \left(\frac{1 \cdot k_{pr} \cdot h_z^2}{2 \cdot 1000} \right) = 2 \cdot \left(\frac{1 \cdot 265 \cdot 5^2}{2 \cdot 1000} \right) = 6,6 J \quad (3.20)$$

- Poloha působení výsledné síly při technologii ohýbání

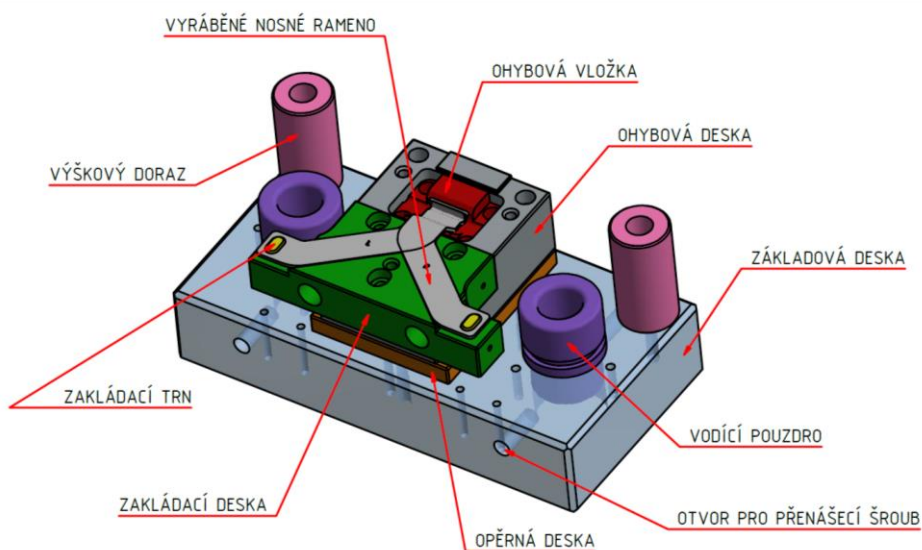
Vzhledem k možnosti uplatnění výpočetní techniky a softwaru k tomu určenému bylo těžiště síly stanoveno pomocí softwaru Autodesk Inventor Profesional 2018. Pozice výsledné střížné síly se nachází na pozici $X = 130$ mm od pravého dolního rohu a v ose $Y = 66,5$ mm z pohledu na přední stranu nástroje (označeno písmenem N). Na této pozici se bude nacházet stopka nástroje.

3.4.2 Popis nástroje a volba výrobního stroje [5], [26]

Nástroj v sevřeném stavu lze vidět na obr. 60. V druhé etapě výroby je používán ohýbací nástroj, jehož hlavní funkční části jsou podobné jako u výše zmíněného střížného nástroje. Ve spodní části (obr. 61) se nachází základová deska, v níž jsou umístěna vodící pouzdra, která byla volena dle přílohy 6 a která jsou zajištěna pomocí šroubů s upínkami (příloha 7). Z důvodu usnadnění manipulace při výrobě, montáži a následné kontrole a opravách jsou v základové desce vyhotoveny otvory pro přenášečí šrouby, viz příloha 5. Výškové dorazy, označeny růžovou barvou, jsou k základové desce připevněny pomocí normalizovaných šroubů. Dorazy zajišťují to, aby nedošlo ke kolizi mezi ohybníkem a ohybnicí (ohybová vložka). Při konstruování byla do nástroje umístěna opěrná deska, která je kalená a zamezuje vtlačování ohybové desky do základové. Na kalené opěrné desce je umístěna ohybová deska, která je vložkována již zmíněnou ohybovou vložkou, která byla konstruována, dle tvarové specifikace nosného ramene, pomocí kolíků a šroubů je připevněna ke spodní části nástroje. V kapitole 3.5 bylo zmíněno zakládání dílců do nástroje pomocí trnů (žluté podbarvení) a zakládací desky (zeleně).

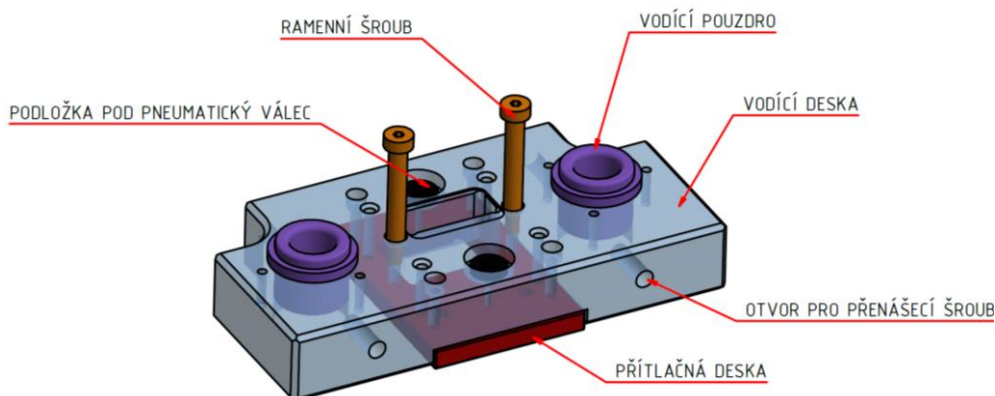


Obr. 60 Ohýbací nástroj v sevřeném stavu



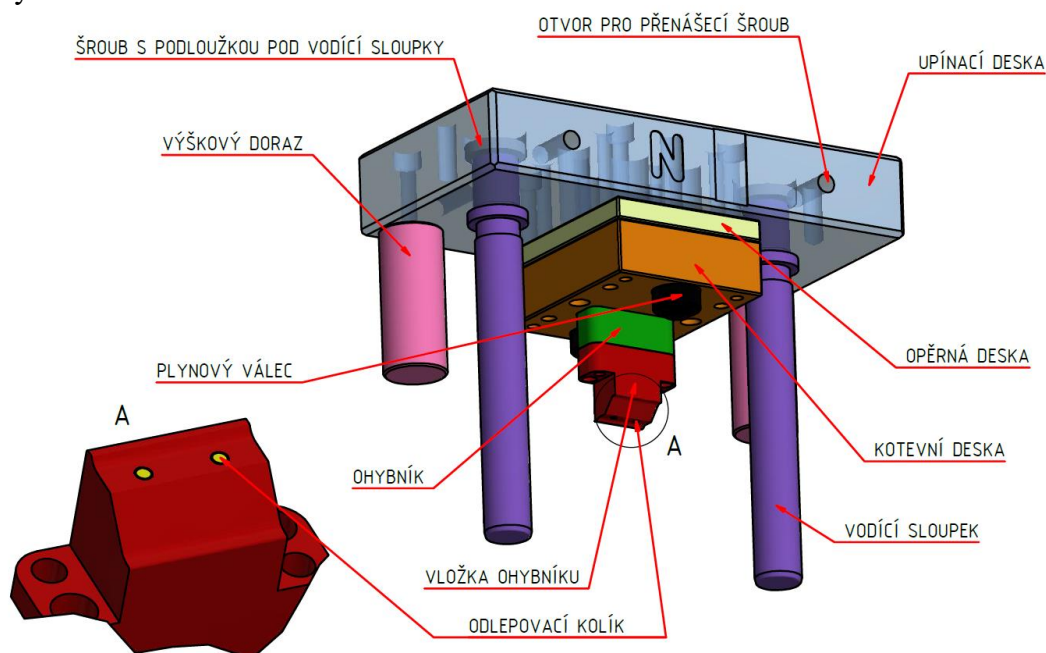
Obr. 61 Spodní část ohybového nástroje

Střední část nástroje (obrázek 62) je osazena vodící deskou, v níž jsou vyhotoveny otvory pro manipulační šrouby. Vodicí pouzdra ve fialové variantě podbarvení zajišťují pozici střední části nástroje vůči ostatním komponentům. Pro dodržení přesného ustavení dílců při procesu ohybu je využíváno přitlačné desky, jejíž přitlačná síla je vyvozena opět pneumatickými válci, které jsou umístěny v horní části nástroje, ale jejich silový účinek působí na vodicí desku ve střední části nástroje. Proto jsou ve vodicí desce vyhotovena zhloubení, kde jsou umístěny podložky pod pneumatické válce, na obrázku 62 vyznačena černým podbarvením. Ve vodicí desce jsou dále vytvořeny závity, kde jsou zašroubovány ramenní šrouby (příloha 9).



Obr. 62 Střední část ohybového nástroje

Horní část nástroje, obrázek č. 63, se skládá z upínací desky, do které je vyhotoven pouze závit a stopka je montována až při zakládání nástroje do lisu. Mezi upínací a kotevní deskou je zkonstruována opěrná deska, která zamezuje vtačování ohybníku do upínací desky. Kotevní deska slouží pro upevnění ohybníku pomocí osazení. Dále jsou umístěny pneumatické válce (příloha 14), které vyvozují přitlačnou sílu na vystřižené a založené polotovary. Růžovým podbarvením jsou označeny výškové dorazy, které jsou upnuty do upínací desky. Vodicí sloupky (fialové podbarvení) zajišťují správnou polohu spodní a horní části nástroje v upínací desce a jsou upnuty pomocí normalizovaných šroubů a podložek, viz příloha 11. Zeleně označený je na obrázku ohybník a vzhledem k jeho velikosti bylo navrženo vložkování funkční části - vyznačeno červeně. Ve spodní části vložky jsou umístěny odlepovací kolíky, které zajišťují snadné vyjímání dílu z nástroje a zamezují ulpívání ohýbaného dílu na vložce ohybníku.



Obr. 63 Horní část ohybového nástroje

Pro ohýbací nástroj je opět zapotřebí zvolit lis, který bude vyhotovovat vypočtené síle v kapitole 3.4.1 s uvažováním určité rezervy a rozměrovým požadavkům nástroje. Jako vhodný stroj byl zvolen lis od firmy Šmeral Brno a.s. s výrobním označením LEN 63 (příloha 16). Spodní část nástroje bude upnuta ke stolu lisu pomocí upínek a vrchní za pomoci stopky. Pro zajištění vyšší bezpečnosti budou použity pomocné upínky. Do nástroje budou dílce zakládány obsluhou lisu ručně, vzhledem k zajištění bezpečnosti bude chod stroje ovládán dvoutlačítkovým spouštěním.

3.5 Povrchová úprava [1], [5], [26], [50], [51], [52]

Vyráběné nosné rameno bude používáno v interiéru (kancelářské prostory). S ohledem na příznivé okolní podmínky je uvažována antikorozi povrchová úprava. Bylo tedy rozhodnuto, že díl bude lakován pomocí technologie kataforézního lakování, kde byl stanoven požadavek zákazníka lakovat díl do černého odstínu. Kataforézní lakování je technologií, kde její princip spočívá v chemickém nanášení nátěrové hmoty na kovové dílce.

Proces lakování je složen z několika kroků. V prvním kroku je zapotřebí provést kvalitní přípravu povrch, aby nedocházelo k odlupování nátěrové hmoty. Příprava se skládá z chemického očištění povrchu od mastnoty a mechanických nečistot, následně je zapotřebí provést oplach dílu, kde na povrchu po oplachu vznikne fosfátová vrstva, která plní funkci vysoké přilnavosti laku a dále antikorozi ochrany dílce. Poté je proveden opět oplach, a následuje ponoření vyrobených součástí do funkční barvicí kataforézní lázně, která je tvořena pryskyřicí (pojivo), pastou (pigment pro zajištění odstínu barvy) a aditivem (regulátory pH a rozpouštědla). Následuje iniciace stejnosměrného napětí, kde lakovaný výrobek je katoda. Mezi katodou a anodou dochází k migraci iontů k elektrodám. Kationty pryskyřice jsou uváděny do pohybu směrem k dílcům a na jeho povrchu probíhá neutralizace hydroxylovým anionem (produkt vzniklý rozkladem vody na katodě). Pryskyřice tím získává neutrální charakter a ztrácí svoji schopnost rozpouštět se ve vodě a tím pádem dochází k ulpívání na povrchu součástí. V závěru je proveden oplach ultrafiltrátem, který odstraní nedostatečně ulpívanou barvu, díly se usuší a umístí do vypalovací pece, kde probíhá získávání konečných vlastností při teplotách 160 až 180 °C po dobu 15 minut.

Výhody kataforézního lakování:

- ✓ malá tloušťka povlaku (od 15 μm),
- ✓ vysoká odolnost proti korozi,
- ✓ rovnoměrná tloušťka povlaku včetně rohů a hran,
- ✓ vysoká přilnavost lakovaného povlaku,
- ✓ vysoká odolnost proti mechanickému poškození.

4 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [1], [5], [26], [36]

Technicko ekonomickým zhodnocením je zapotřebí posoudit ekonomičnost výroby, tedy zjistit jak náklady na výrobu jednoho dílu nosného ramene, tak i celé požadované výrobní série. S ohledem na to, že výroba bude realizována ve firmě Hettich ČR k.s. a volba lisů byla přizpůsobována strojnímu parku, nebude kalkulováno s pořizovacími cenami lisů, rovnací a podávací linky.

Výchozí materiál byl zvolen v kapitole 3.2, kterým je svitek o rozměrech 1850x600x2, k výrobě celé série bude zapotřebí jednoho kusu svitku. Cena jednoho kilogramu zvolené oceli je stanovena na základě interního dodavatele na $C_{sv} = 15,65$ Kč/kg. V ceně materiálu je již zahrnuta doprava přímo do podniku ve Žďáru nad Sázavou. Dále je možné do technicko-ekonomického zhodnocení zahrnout výkup odpadu, který bude realizován firmou KOVOŠROT C+K, a to za výkupní cenu odpadu $C_{od} = 2,80$ Kč/kg.

- Celková hmotnost potřebných svitků

$$m_{csv} = m_{sv} \cdot n_{sv} = 2\,530,12 \cdot 1 = 2\,530,12 \text{ kg} \quad (4.1)$$

- Náklady pro nákup svitků pro danou velikost série

$$N_{csv} = m_{csv} \cdot C_{sv} = 2\,530,12 \cdot 15,65 = 39\,596,4 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

- Hmotnost vyráběné součásti

$$m_s = S_{souč} \cdot s \cdot \rho_{ocel} = 2\,466,21 \cdot 2 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,039 \text{ kg} \quad (4.3)$$

- Celková hmotnost součástí pro roční výrobní sérii činící 29 400 ks/rok

$$m_{cs} = m_s \cdot N = 0,039 \cdot 29\,400 = 1\,146,6 \text{ kg} \quad (4.4)$$

- Celková hmotnost odpadu při dané sérii

$$m_{co} = m_{csv} - m_{cs} = 2\,530,12 - 1\,146,6 = 1\,383,52 \text{ kg} \quad (4.5)$$

- Cena vzniklého vykupovaného odpadu

$$N_{od} = m_{co} \cdot C_{od} = 1\,383,52 \cdot 2,8 = 3\,873,9 \text{ Kč} \quad (4.6)$$

- Celkové náklady na materiál pro danou sérii

$$N_{cm} = N_{csv} - N_{od} = 39\,596,4 - 3\,873,9 = 35\,722,5 \text{ Kč} \quad (4.7)$$

- Náklady na materiál jednoho dílu

$$N_{ms} = \frac{N_{cm}}{N} = \frac{35\,722,5}{29\,400} = 1,22 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

Další náklady, které je zapotřebí uvažovat jsou náklady na mzdy dělníků, kde hodinová sazba obsluhy lisu byla stanovena na $C_{obs} = 130$ Kč, pracovní doba směny byla zvolena na $t_{sm} = 7,5$ hodin, z nichž je zapotřebí uvažovat čas na zahájení, ukončení a kontrolu v jedné směně, která činí $t_{zu} = 0,5$ hodiny. Počet zdvihů lisu pro střížný nástroj byl stanoven na $n_{zs} = 55 \text{ min}^{-1}$. Pro ohýbací nástroj je uvažováno $n_{zo} = 10 \text{ min}^{-1}$ z důvodu nutnosti ručního zakládání a vyjímání dílu z nástroje. Následně je uvažována cena nástrojů $N_n = 450\,000$ Kč, která je stanovena dle cenové nabídky v závislosti na podobnosti vyrobených nástrojů.

- Počet součástí vyrobených stříháním za 1 hodinu

$$n_{vhs} = n_{zs} \cdot 60 = 55 \cdot 60 = 3\,300 \text{ ks} \quad (4.9)$$

- Počet výstřížků zhotovených za 1 směnu

$$n_{vss} = n_{vhs} \cdot (t_{sm} - t_{zu}) = 3\,300 \cdot (7,5 - 0,5) = 23\,100 \text{ ks} \quad (4.10)$$

- Počet potřebných směn pro danou sérii (stříhání)

$$n_{pss} = \frac{N}{n_{vss}} = \frac{29\,400}{23\,100} = 1,27 \quad (4.11)$$

Pro zhotovení 29 400 ks série výstřížků jsou zapotřebí $n_{pss} = 2$ směny.

- Počet součástí vyrobených ohýbáním za 1 hodinu

$$n_{vho} = n_{zo} \cdot 60 = 10 \cdot 60 = 600 \text{ ks} \quad (4.12)$$

- Počet ohnutých dílů zhotovených za 1 směnu

$$n_{vso} = n_{vho} \cdot (t_{sm} - t_{zu}) = 600 \cdot (7,5 - 0,5) = 4\,200 \text{ ks} \quad (4.13)$$

- Počet potřebných směn pro danou sérii (ohýbání)

$$n_{pso} = \frac{N}{n_{vso}} = \frac{29\,400}{4\,200} = 7 \quad (4.14)$$

Pro zhotovení 29 400 ks série ohýbaných dílů je zapotřebí $n_{pso} = 7$ směn.

- Celkový počet hodin potřebných na vyrobení dílů celé série činí

$$n_{ph} = (n_{pss} + n_{pso}) \cdot t_{sm} = (2 + 7) \cdot 7,5 = 67,5 \text{ hod} \quad (4.15)$$

Celkový počet hodin potřebných pro vyrobení dané série je $n_{ph} = 67,5$ hod.

- Přímé náklady na mzdu obsluhy lisu navýšené o sociální (25%) a zdravotní (9%) pojištění

$$N_{pmo} = n_{ph} \cdot C_{obs} \cdot 1,34 = 67,5 \cdot 130 \cdot 1,34 = 11\,785,5 \text{ Kč} \quad (4.16)$$

- Náklady na mzdy včetně režii. Výrobní režie byly zvoleny $V_{vr} = 300\%$ a správní režie $S_{sr} = 110\%$.

$$N_{cmr} = N_{pmo} \cdot (V_{vr} + S_{sr}) = 11\,785,5 \cdot (3 + 1,1) = 48\,320,55 \text{ Kč} \quad (4.17)$$

- Náklady na energie podle interních informací podniku po zařazení výroby podle podobnosti bylo stanoveno na celkovou hodinovou energetickou náročnost výroby $P_{výr} = 22,54 \text{ kW}$. Cena za 1 kWh bude uvažována $C_{en} = 5 \text{ Kč}$.

$$N_{en} = (P_{výr}) \cdot n_{ph} \cdot C_{en} = 22,54 \cdot 67,5 \cdot 5 = 7\,607,25 \text{ Kč} \quad (4.18)$$

- Následně je nutné uvažovat navýšení ceny o povrchovou úpravu kataforézním lakováním. Lakování je nutné uvažovat v kooperaci. Byla tedy podána poptávka do firmy LAKUM-GALMA a.s. a její nabídnutá orientační cena za povrchovou úpravu jednoho dílce je $C_{kl} = 3,50 \text{ Kč}$.

- Náklady na výrobu jednoho dílu nosného ramene činí

$$N_s = \frac{N_{cm} + N_{cmr} + N_n + N_{en} + (N \cdot C_{kl})}{N} \quad (4.19)$$

$$N_s = \frac{35\,722,5 + 48\,320,55 + 450\,000 + 7\,607,25 + (29\,400 \cdot 3,50)}{29\,400} = 21,90 \text{ Kč}$$

- Cena nosného ramene se stanoveným ziskem 30 %

$$C_{n.r.} = N_s \cdot 1,3 = 21,90 \cdot 1,3 = 28,47 \text{ Kč} \quad (4.20)$$

- Fixní náklady

$$N_{fix} = N_n + N_{cmr} - N_{pmo} = 450\,000 + 48\,320,55 - 11\,785,5 \quad (4.21)$$

$$N_{fix} = 486\,535,05 \text{ Kč}$$

- Variabilní náklady

$$N_{var} = N_{ms} + \frac{N_{pmo}}{N} = 1,22 + \frac{11\,785,5}{29\,400} = 1,62 \text{ Kč} \quad (4.22)$$

- Určení bodu zvratu výroby

$$Z = \frac{N_{fix}}{C_{n.r.} - N_{var}} = \frac{486\,535,05}{28,47 - 1,62} = 18\,120,5 \text{ ks} \quad (4.23)$$

Bod zvratu byl stanoven při sérii činicí více než **18 121 ks**.

5 ZÁVĚRY

V práci je vyráběna součást s názvem nosné rameno sloužící k zajištění polohy a tuhosti čelní desky vůči kovové zásuvce v kontejnerovém boxu. Pro výrobu díl byl zvolen materiál s označením ČSN 411331 ve formě plechu o tloušťce 2 mm. Dílec bude vyráběn firmou Hettich ČR k.s. ve výrobní sérii 14 700 ks/rok levé a 14 700 ks/rok pravé modifikace. S ohledem na požadavky zákazníka bude součást povrchově upravována kataforézním lakováním, které zvýší odolnost proti korozi a jakost vzhledu dílce.

Při výběru vhodné výrobní technologie bylo nutné uvažovat řadu faktorů jako je například rozměrová a tvarová přesnost součásti, tvarová složitost, zvolený materiál, ekonomickou náročnost, výrobní technologie a další. Po zhodnocení několika výše zmíněných faktorů se jako nejvýhodnější pro výrobu součásti jeví stříhání v postupovém a ohýbání v jednoduchém nástroji. Z hlediska požadavků na technologičnost součásti nebylo zapotřebí provádět žádné konstrukční změny dílce.

Dle rozvinutého tvaru součásti bylo navrženo rozmístění dílu a postup stříhacích operací v nástroji. Součást bude vyráběna ve střížném nástroji za pomoci čtyř kroků. Materiál bude do podniku dodáván ve formě svitku s vnějším rozměrem 1 850 mm, s vnitřním rozměrem 600 mm a šířkou 134 mm, neboť závod již vlastní rovnací a podávací linku. K vyhotovení celé výrobní série je zapotřebí 1 svitek, pro který bylo vypočteno využití materiálu 45 %. Pro navržený výrobní postup stříháním byly provedeny technologické, konstrukční a kontrolní výpočty. S ohledem na vypočtené hodnoty byl zkonstruován nástroj a dále byl zvolen výrobní stroj, a to konkrétně stroj od firmy Andritz Kaiser s označením PV120F/1.

Druhým krokem je výroba tvarového ohybu v jednoduchém ohýbacím nástroji. Po posouzení byla navrhována výroba ohybu na jeden krok, kde vystřižený polotovár bude ručně obsluhou zakládán do nástroje a pomocí dvoutlačítkového spouštění stroj provede zdvih. Pro navržený výrobní postup ohýbáním byly provedeny technologické, konstrukční a kontrolní výpočty. S ohledem na vypočtené hodnoty byl zkonstruován ohýbací nástroj a vybrán lis od firmy Šmeral Brno a.s. s výrobním označením LEN 63.

Technicko-ekonomickým zhodnocením byly stanoveny náklady na výrobu jednoho kusu činící 28,47 Kč, kde u této ceny je uvažován 30 % zisk podniku. Bod zvratu byl stanoven u 18 121 kusů, kde při překročení toho počtu kusů se výroba nosného ramene stává ziskovou.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [8]

1. MELICHAR, Ivo. *Organizace strojírenské výroby v provozu zaměřeném na strojní obrábění*. Žďár nad Sázavou, 2014. Maturitní práce. VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou.
2. LENFELD, Petr. Katedra tváření kovů a plastů. *Katedra tváření kovů a plastů* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm
3. BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3242-0.
4. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.
5. HANYCH, Libor. *Výroba závěsu sedla motocyklu*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.
6. Products. *JOBRO: Sheet metal technology* [online]. 2016 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://www.jobro.se/en/products/>
7. Systema Top 2000. *Systema Top 2000* [online]. Německo: Hettich, 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: https://www.hettich.com/cz_CS/vyroby/zasuvkove-systemy/systemy-pro-kancelarsky-nabytek/systema-top-2000.html
8. CITACE PRO [online]. 2016 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: citace.lib.vutbr.cz
9. Ocelové plechy válcované za studena. *NYPRO* [online]. Praha: Acceler, 2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://nyprohutni.cz/valcovane-za-studena>
10. Jakosti ocelí. *Feromat: Hutní a spojovací materiál* [online]. 2010 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: http://www.feromat.cz/jakosti_oceli
11. Pásová ocel. *Výrobní program* [online]. Karlštejn: webmaster pásová ocel, 2011 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.pasovaocel.cz/vyro_kla.htm
12. Tváření kovu. *Euroargine* [online]. 2006 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://www.euroargine.cz>
13. Pálení přesných výpalků plazmou. *Repas servis s.r.o.* [online]. Příbram: WML, 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.repas.cz/paleni-presnych-vypalku.aspx>
14. Waterjet Training. *Training for Waterjet cutting* [online]. New Brighton: Minneapolis Web Design by Plaudit Design, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.accustream.com/support/waterjet-training.html>
15. Děrování a vysekávání plechů CNC děrování, vystřihování a tvarové opracování plechu. *CNC zpracování plechu prášková lakovna, svařování, montáž* [online]. Prachatice: PROSTOR-design s.r.o., 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.prostor-design.cz/derovani-sekani-plechu/>
16. Ruční ohýbačka plechu HSBM 610 HS. *První hanácká BOW* [online]. Olomouc: design CODE01, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkt/3772610-mobilni-ohybacka-plechu-hsbm-610-hs/>
17. File:ProgressiveDieToyota-strip-scrap.jpg. *WIKIMEDIA COMMONS* [online]. Brno: GFDL, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ProgressiveDieToyota-strip-scrap.jpg>

18. Výroba na ohraňovacím lisu - CNC ohraňování plechů na Vysočině. *Evropská datbanka* [online]. Praha: FERRUM, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-41333-Vyroba-na-ohranovacim-lisu-CNC-ohranovani-plechu-Vysocina>
19. LENFELD, Petr. Katedra tváření kovů a plastů. *Katedra tváření kovů a plastů* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07-ohybani/
20. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.
21. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-718-3244-8.
22. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. Vyd. 2., v Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 167 s. ISBN 80-214-2764-7.
23. Kancelářský nábytek MIRELLI A+ - Stoly, skříně, kontejnery. *Kancelářský nábytek MIRELLI A+* [online]. Liberec: A-Z Reklama CZ, 2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: https://eshop.az-reklama.cz/cz-kategorie_565238-0-kancelarsky-nabytek-mirelli-a-stoly-skrine-kontejnery.html
24. Kontejnery Vasa. *Ergo Interier logo Specializovaná prodejna a showroom* [online]. Praha: Ergo Interier, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.ergonomicke-kancelare.cz/kontejnery-vasa/>
25. Systémy kování Systema op 2000 pro vybavení nábytku u psacího stolu. *Hettich katalog* [online]. Německo: Hettich, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.hettich.com/blaetterkataloge/bkwc/?cat=TA_2016_02&lang=cs_CZ#page_64
26. Hettich ČR k.s., Žďár nad Sázavou: *Interní materiály společnosti*. 2018.
27. HLAVATÝ, Ivo. *Teorie a technologie svařování: Plazmové řezání (Plasma cutting)* [online]. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2011 [cit. 2018-05-09]. ISBN 978-80-248-2414-7. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/16-17-83-84.pdf>
28. Ohýbání plechu. *DitaKovo* [online]. 2012 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://kovo.dita.cz/cz/sluzby/ohybani-plechu#prettyPhoto>
29. *PLAZMA CZ: Řezání hutního materiálu* [online]. 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.plazmacz.cz/>
30. Řezání vodním paprskem: Moderní technologie obrábění veškerých materiálů. *CNC-DELFIN s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.cncdelfin.cz/cnc-technologie>
31. Sheet Metal: Hypertherm Plasma Sources. *HACO* [online]. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.haco.com/en/our-services/hypertherm-plasma-sources#gallery>
32. Water Jet Cutting Machine. *Xinology* [online]. 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://xinology.com:888/Glass-Processing-Equipments-Supplies-Consumables/glass-cutting/water-jet-cutting/overview/two-types-of-water-jet.html>
33. *WCM: Řezání vodním paprskem* [online]. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.wcm.cz/>
34. *TRUMPF* [online]. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.cz.trumpf.com/cs.html>
35. Technologie. *CHPS s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.chps.cz/rezani-laserem/technologie>

36. JANDA, Petr. *Výroba kotvící patky*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.
37. CNC vysekávání. *NC LINE: Kompletní servis v oblasti zpracování plechů* [online]. 2016 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.ncline.cz/portfolio/vysekavani/>
38. BACHMAN, Kate. Stamper reduces reliance on appliance with 3-D die design software: Designs complex dies nimbler, quicker. In: *Thefabricator.com: A publication of the Fabricators & Manufacturers Association* [online]. 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.thefabricator.com/article/stamping/stamper-reduces-reliance-on-appliance-with-3-d-die-design-software>
39. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Praha: SNTL, 1983, 213 s.
40. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
41. KOTOUČ, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena* [online]. České vysoké učení technické v Praze, 1978, 158 s. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.strojar.com/upload/skripta/NVPO_nastroje_pro_tvareni.pdf
42. ČADA, Radek. *Technologie I: část tváření a slévání : (návodů do cvičení)*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005, 188 s. ISBN 80-248-0795-5.
43. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
44. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
45. MARCINIAK, Z, J.L DUNCAN a S.J HU. *Mechanics of sheet metal forming*. 2.ed. Oxford: Butterwort-Heinemann, 2002, 211 s. ISBN 0-7506-5300-0.
46. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
47. Coil calculator: Steel coil calculator. *Worthington industries* [online]. 2016 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://worthingtonindustries.com/Resources/Tools-and-Calculators>
48. ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky: pro školu a praxi*. 1, Jednotky, matematika, mechanika, technické kreslení, strojní součásti. Praha: Scientia, 2004, 753 s. : il. ; 21 cm. ISBN 80-7183-312-6.
49. ATTL: Rovnání pásů. ATTL aspol. s.r.o. Továrna na stroje [online]. 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.attl.cz/dokumenty/ostatni_produkty-rovnani_pasu.pdf
50. *Kataforeza, kataforezní základování* [online]. 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.salum.cz/index.php/salum-sluzby-kooperace-lakovna-lakovani/salum-kataforeza-kataforezni-zakladovani>
51. *Kataforeza - KTL taktovací - Lakum-Galma, a.s.* [online]. 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.lakum.cz/cz/sluzby/humpolec/kataforeza-ctl-cyklicka#t>
52. *Povrchová úprava* [online]. 2015, 3.(1.) [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/4830913-Povrchova-uprava-kataforeza-progresivni-povrchova-uprava.html>
53. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřely: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1975.
54. Standard parts for die making: E – Accessories. *Meusburger* [online]. 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.meusburger.com/standard-parts/die-making.html>

55. Special springs [online]. 2018 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.specialsprings.com/en>
56. MICRO 38H. Técnicas aplicadas de presión, S.L. [online]. Francie: Técnicas aplicadas de presión, S.L., 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://tecapres.com/en/products/gas-springs/micro-series/micro-38h>
57. MICRO 25H. Técnicas aplicadas de presión, S.L. [online]. Francie: Técnicas aplicadas de presión, S.L., 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.tecapres.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=6:micro-25h&Itemid=187&lang=en
58. MAŇAS, Stanislav. VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ: Část: TVÁŘECÍ STROJE [online]. Praha, 2007 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/1999676-Vyrobni-stroje-a-zarizeni.html>
59. RUBÁŠ, Petr. Výroba kovového zálisku. Brno, 2017. 42 s, 22 výkresů, 4 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
60. ČECHURA, Milan, Jan HLAVÁČ a Jiří STANĚK. Konstrukce tvářecích strojů [online]. Plzeň: Fakulta strojní ZČU v Plzni, 2015 [cit. 2017-05-19]. ISBN 978-80- 261-0513-8. Dostupné z: <http://www.zcu.cz/export/sites/zcu/pracoviste/vyd/online/Konstrukce-tvarecich-stroju.pdf>
61. MAŇAS, Stanislav. VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ: Část: TVÁŘECÍ STROJE [online]. Praha, 2007 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/1999676-Vyrobni-stroje-a-zarizeni.html>
62. NOVOTNÝ, Karel. VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ: TVÁŘECÍ STROJE [online]. 2002 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobni_stroje_a_zarizeni__novotny.pdf
63. POKORNÝ, Přemysl. Výrobní stroje II: tvářecí stroje. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001. ISBN 80-708-3482-X.
64. KOVÁŘ, František. *Výroba kotvící patky*. Brno, 2015. 49 s, 7 výkresů, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	tažnost	[%]
A _o	ohybová práce	[J]
A _O	celková ohybová práce	[J]
A _{odl}	práce pneumatických válců u odlepováků	[J]
A _S	střižná práce	[J]
A _s	střižná práce pro rovné střižníky	[J]
A _{st}	práce stíracích pneumatických válců	[J]
b _o	šířka ohýbaného pásu	[mm]
c	součinitel závislý na stupni stříhu	[-]
C _{en}	cena energie	[kW]
C _{kl}	cena kataforézního lakování jedné součásti	[Kč]
c _o	koeficient vyjadřující vliv tření součásti o pevnou čelist	[-]
C _{obs}	hodinová mzda obsluhy lisu	[Kč]
C _{od}	výkupní cena jednoho kilogramu odpadu	[Kč]
c _p	součinitel dle technologických podkladů	[-]
C _{sv}	cena jednoho kilogramu materiálu	[Kč]
C _{zav}	cena závěsu s uvažovaným ziskem	[ks]
d _s	průměr střižníku	[mm]
d _{sv}	vnitřní průměr svitku	[mm]
D _{sv}	vnější průměr svitku	[mm]
e	šířka můstku	[mm]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
f	šířka okraje	[mm]
F _c	celková tvářecí síla	[N]
F _{co}	celková ohybová síla	[N]
F _k	kalibrační síla	[N]
F _o	ohybová síla	[N]
F _O	výsledná ohybová síla	[N]
F _{odl}	síla ke stlačení pneumatických válců odlepováků	[N]
F _p	přítlačná síla	[N]
F _{pr}	síla ke stlačení pneumatických válců	[N]
F _s	střižná síla	[N]
F _S	celková střižná síla	[N]
F _{st}	stírací síla	[N]
F _{sts}	skutečná stírací síla	[N]
h	dráha ohybníku	[mm]
h _z	stlačení pneumatických válců	[mm]

Označení	Legenda	Jednotka
I	kvadratický moment	[mm ⁴]
JR	jmenovitý rozměr otvoru	[mm]
k	délka kroku	[mm]
k _o	součinitel určující polohu neutrální plochy	[-]
k _{ot}	koeficient otupení nástroje	[-]
k _{kv}	tuhost pneumatického válce	[N·mm ⁻¹]
k _{st}	koeficient pro výpočet stírací síly	[-]
l	šířka součásti	[mm]
L _c	celková rozvinutá délka polotovaru	[mm]
l _{krit}	kritická délka střižníku	[mm]
l _o	délka ohnutého úseku v neutrální vrstvě	[mm]
L _{oj}	délka zaoblených částí	[mm]
l _s	délka křivky stříhu	[mm]
L _{sv}	délka svitku	[mm]
l _v	rameno ohybu	[mm]
m _{co}	celková hmotnost odpadu	[kg]
m _{cs}	hmotnost všech součástí	[kg]
m _{csv}	celková hmotnost svitků	[kg]
m _s	hmotnost jedné součásti	[kg]
m _{sv}	hmotnost svitku	[kg]
n	koeficient bezpečnosti	[-]
N	roční výrobní série	[ks]
N _{cm}	celkové náklady na materiál	[Kč]
N _{cmr}	celkové náklady na mzdy včetně režii	[Kč]
N _{csv}	cena všech svitků	[Kč]
N _{en}	náklady na energie	[Kč]
N _{fix}	fixní náklady	[Kč]
N _{ms}	náklady na materiál jedné součásti	[Kč]
N _n	cena nástroje	[Kč]
N _{od}	cena odpadu	[Kč]
n _{ph}	celkový počet hodin na výrobu celé série	[hod]
N _{pmo}	přímé náklady na mzdu obsluhy lisu	[Kč]
n _{p.v.}	počet pneumatických válců	[ks]
n _{ps}	počet směn na celou sérii	[-]
N _{n.r.}	náklady na výrobu jednoho nosného ramene	[Kč]
n _{sv}	počet svitků	[ks]
N _{var}	variabilní náklady	[Kč]
n _{vh}	počet součástí vyrobených za hodinu	[ks]
n _{vs}	počet součástí vyrobených za směnu	[ks]
n _{vsv}	počet výstřižků ze svitku	[ks]
n _z	počet zdvihů	[min ⁻¹]

Označení	Legenda	Jednotka
P	přípustná míra opotřebení	[mm]
P _{lis}	příkon lisu	[%]
P _{rpl}	příkon rovnací a podávací linky	[%]
RAD	rozměr střížníku při děrování	[mm]
R _e	mez kluzu materiálu	[MPa]
RED	rozměr střížnice při děrování	[mm]
r _m	poloměr zaoblení ohybnice	[mm]
R _m	mez pevnosti v tahu	[MPa]
R _{max}	maximální poloměr ohybu	[mm]
R _{min}	minimální poloměr ohybu	[mm]
R _o	poloměr ohybu	[mm]
R _p	poloměr zaoblení horní čelisti	[mm]
s	tloušťka stříhaného plechu	[mm]
S	střížná plocha	[mm ²]
S _{max}	maximální tloušťka materiálu s tolerancí	[mm]
S _{souč}	obsah součásti	[mm ²]
S _{sv}	plocha svitku	[mm ²]
S _v	plocha výstřižku	[mm ²]
š	rozvinutá délka polotovaru	[mm]
TA	výrobní tolerance střížníku	[mm]
TE	výrobní tolerance střížnice	[mm]
t _{sm}	pracovní doba jedné směny	[hod]
t _{vss}	čas na výměnu a seřízení jednoho svitku	[hod]
t _{zu}	doba zahájení a ukončení výroby	[hod]
v	střížná vůle	[mm]
v _o	vůle při ohýbání	[mm]
V _{vr}	výrobní režie	[Kč]
x	součinitel posunutí neutrální plochy	[-]
Z	bod zvratu	[Kč]

Označení	Legenda	Jednotka
α	úhel ohybu	[°]
β	úhel odpružení	[°]
γ	úhel ohnutého úseku	[°]
ε_c	mezní prodloužení	[-]
η_{csv}	využití všech svitků	[%]
η_{sv}	využití svitku	[%]
λ	součinitel plnosti dle diagramu	[-]
ρ	poloměr neutrální vrstvy	[mm]
ρ_{ocel}	hustota oceli	[kg·mm ⁻²]
σ_{dov}	dovolené napětí	[MPa]
σ_s	napětí na dosedací ploše střižníku	[MPa]
τ_s	pevnost materiálu ve střihu	[MPa]
ψ	součinitel plnosti diagramu	[-]
κ	úhel sklonu střižné hrany	[°]

Zkratka	Legenda
ČSN	Česká národní norma
DIN	Německá národní norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ukázka plošně tvářených součástí	9
Obr. 2 Umístění kancelářského kontejneru	10
Obr. 3 Box na papírové složky	10
Obr. 4 Umístění nosného ramene	11
Obr. 5 Levé a pravé nosné rameno	11
Obr. 6 Montážní podsestava	11
Obr. 7 Seřízení úhlu čelní desky	11
Obr. 8 Drážka excentru	12
Obr. 9 Montážní postup	12
Obr. 10 Ohyb nosného ramene	12
Obr. 11 Řezání laserem	13
Obr. 12 Řezání plasmou	13
Obr. 13 Řezání vodním paprskem	14
Obr. 14 Vysekávací stroj	14
Obr. 15 Postupový nástroj	14
Obr. 16 Ruční ohýbací stroj	15
Obr. 17 Ohraňování	15
Obr. 18 Jednoduchý ohýbací nástroj	15
Obr. 19 První fáze stříhání	16
Obr. 20 Druhá fáze stříhání	16
Obr. 21 Třetí fáze stříhání	16
Obr. 22 Tvary střížných ploch pro různé varianty střížné vůle	17
Obr. 23 Střížná plocha a jednotlivá pásma	17
Obr. 24 Průběh střížné síly	18
Obr. 25 Diagram pro stanovení součinitele plnosti	18
Obr. 26 Druhy nástřihových plánů	19
Obr. 27 Jednotlivé seskupení výstřižků	19
Obr. 28 Schéma variant střížných nástrojů	20
Obr. 29 Druhy upnutí střížníku v kotevní desce nástroje	20
Obr. 30 Geometrie hran otvorů ve střížnici	21
Obr. 31 Druhy dorazů	21
Obr. 32 Průběh ohýbání	21
Obr. 33 Průběh ohýbání v nástroji do tvaru V	21
Obr. 34 Odpružení ohýbané součásti	22
Obr. 35 Konstrukční úpravy nástroje pro zamezení odpružení	22
Obr. 36 Průběh síly při ohýbání	23
Obr. 37 Schéma ohybu do tvaru V	24
Obr. 38 Jednoduchý ohýbací nástroj	24
Obr. 39 Výstředníkový lis	25
Obr. 40 Hydraulický lis	25
Obr. 41 Doporučené vzdálenosti otvorů od okraje výstřižku a mezi otvory	26
Obr. 42 Technologičnost ohýbané součásti	26
Obr. 43 Směry vláken	26
Obr. 44 Nosné rameno	27
Obr. 45 Rozměry součástí pro stanovení rozvinutého tvaru	27
Obr. 46 Rozměry rozvinutého tvaru součástí	28
Obr. 47 Variantní rozložení součástí č. 1	29

Obr. 48	Variantní rozložení součástí č. 2	29
Obr. 49	Svitek	29
Obr. 50	Postup výroby stříháním v nástroji	31
Obr. 51	Tvarový střížník (elipsa)	34
Obr. 52	Tvarový střížník (rameno)	34
Obr. 53	Střížný nástroj v sevřeném stavu	35
Obr. 54	Spodní část střížného nástroje	36
Obr. 55	Střední část střížného nástroje	36
Obr. 56	Horní část střížného nástroje	37
Obr. 57	Schéma automatizované linky	37
Obr. 58	Založení dílu do ohýbacího nástroje	38
Obr. 59	Rozdělní tvarového ohybu na jednotlivé elementy	38
Obr. 60	Ohýbací nástroj v sevřeném stavu	41
Obr. 61	Spodní část ohybového nástroje	41
Obr. 62	Střední část ohybového nástroje	42
Obr. 63	Horní část ohybového nástroje	42

SEZNAM TABULEK


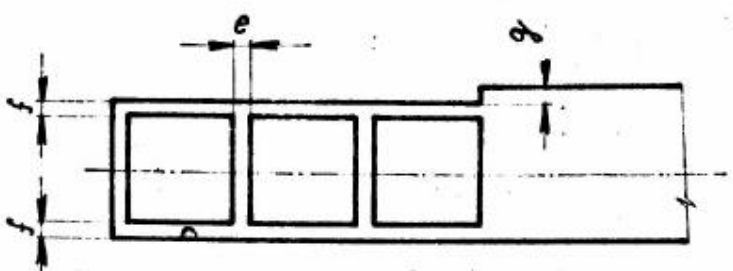
Tab. 1	Základní mechanické vlastnosti a chemické složení oceli DC01.	13
Tab. 2	Hodnoty pro součinitel x .	22
Tab. 3	Určení součinitele určující polohu neutrální plochy k_o .	22
Tab. 4	Koeficient vyjadřující vliv tření c_o .	23
Tab. 5	Využití jednotlivých sviteků plechu pro uspořádání dílů ve variantě č.1.	30
Tab. 6	Využití jednotlivých sviteků plechu pro uspořádání dílů ve variantě č.2.	30
Tab. 7	Mezní úchytky nepředepsaných rozměrů.	33
Tab. 8	Funkční rozměry střížníků a střížnic v [mm].	34

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 – Směrnice pro stanovení šířky odpadu
- Příloha 2 – Pneumatický válec pro stírání
- Příloha 3 – Směrnice pro výpočet a konstrukci střížného nástroje
- Příloha 4 – Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel
- Příloha 5 – Přenášači šrouby
- Příloha 6 – Vodící pouzdra
- Příloha 7 – Upínky vodícího pouzdra
- Příloha 8 – Vodící sloupky
- Příloha 9 – Ramenní šrouby
- Příloha 10 – Interní stopka nástroje (Hettich ČR k.s.)
- Příloha 11 – Podložky a šrouby pro vodící sloupky
- Příloha 12 – Parametry lisu Andritz Kaiser s označením PV120F/1
- Příloha 13 – Rovnáci a podávací linka ARPL
- Příloha 14 – Pneumatický válec pro vyvození přitlačné síly
- Příloha 15 – Pružiny pro odlepováky
- Příloha 16 – Parametry lisu Šmeral Brno a.s. s označením LEN 63
- Příloha 17 – Výpočty v Autodesk Inventor Profesionál 2018

SEZNAM VÝKRESŮ

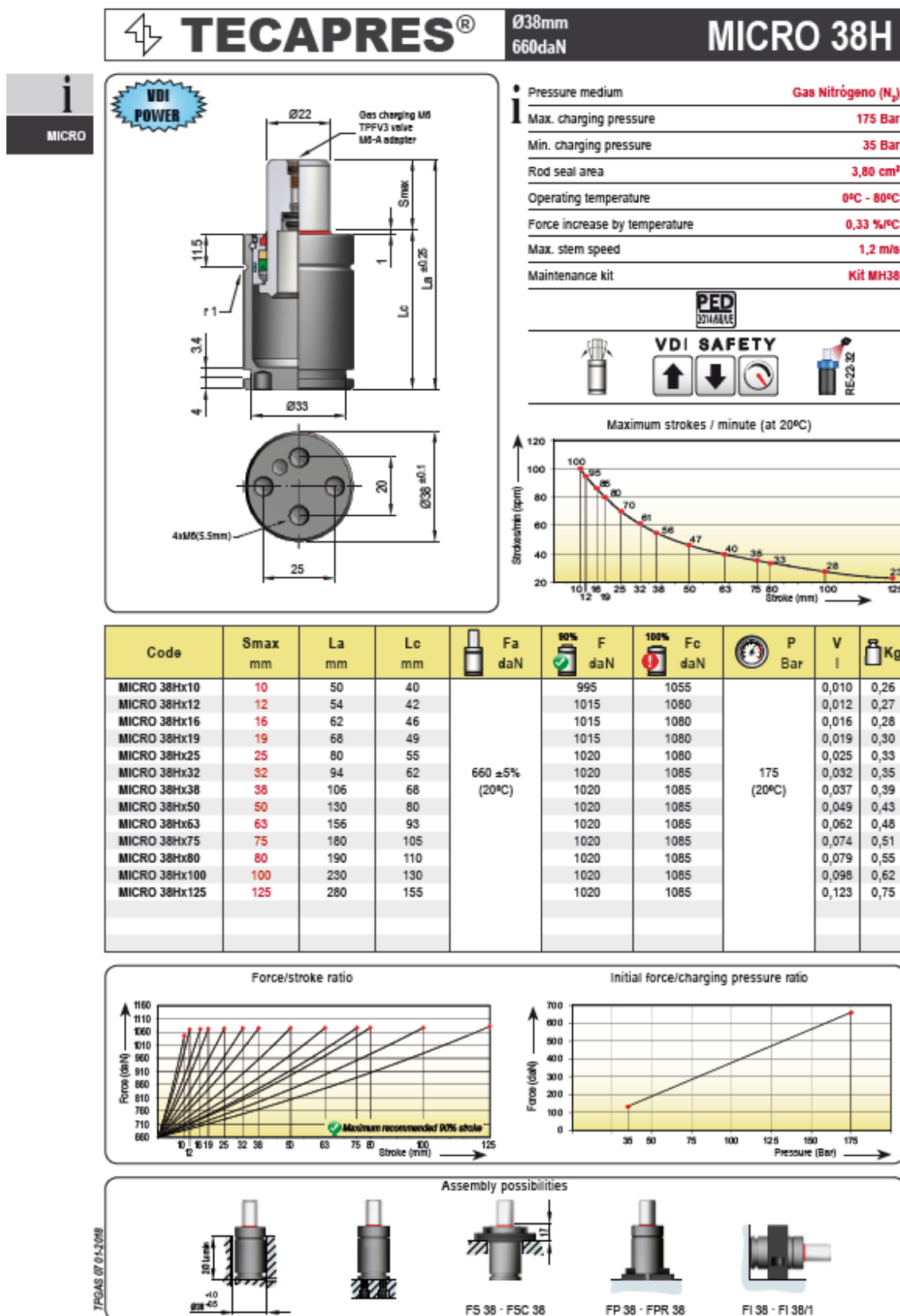
Nosné rameno	SE 20768 0000 02 00, SE 20769 0000 02 00
Střížný nástroj	1W01224
Seznam položek střížný nástroj	KUSOVNÍK STŘIŽNÝ NÁSTROJ_1W01224
Ohybový nástroj	1W01225
Seznam položek ohybový nástroj	KUSOVNÍK OHYBOVÝ NÁSTROJ_1W01225

415 - 06 - 205	SMĚRNICE PRO STANOVENÍ ŠÍŘKY ODPADU	 NÁŘ KON-KL										
												
Tl. mat.	Šířka pásu											
	do 15		15÷50		50÷100		100÷200		200÷300		300÷400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
0,1÷0,9	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,5	3,1				
1	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3	3,7	4	4,8	4,8	6
1,3	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5
1,5	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8
1,8	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	3,5	4,3	4,7	5,6	5,8	7
2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4	5	5	6	6	7
2,2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2
2,5	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,3	6,3	6,3	7,2
2,8	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,2	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3
3	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	4,5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5
3,5			3,5	4,3	4	5	5	6	6	7	7	8,5
4			3,8	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	8	9,3
4,5			4	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	8,3	9,8
5			4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10

Tloušťka mat.	do 1	1,1÷1,3	1,4÷1,5	1,6÷1,8	1,9÷2
g	1,5	1,8	2	2,2	2,5

Rozměry uvedené v tabulkách platí pro kovy.
Pro hmoty měkké (chrom. kůže, textil, azbest) použít dvojnásobné hodnoty e; f. Rozměr g zvětšit 1,5 krát.

Kreslil	Přezkoušel	Schválil		Platí od
<i>Budík</i>	<i>Ing. Borko</i>	<i>Štoll</i>		1.4.1981

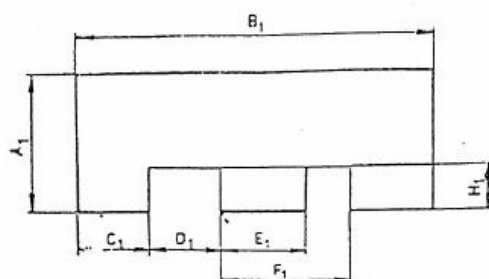


Variace na rozměry bez tolerance hodnoty jsou podle "DIN ISO 2768-MK".

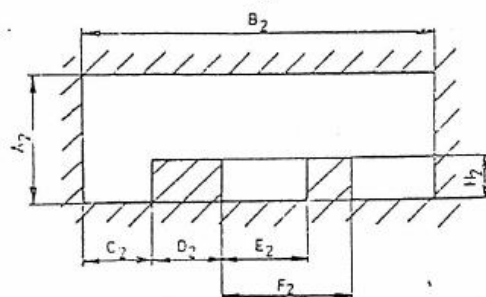
Všeobecné tolerance délkových a úhlových ROZMĚRY (DIN ISO 2768 T1)
Lineárních rozměrů:

Přípustné odchylky v mm se pohybuje v jmenovité délky	F (fine)	Toleranční třída určení (popis)		V (velmi hrubý)
		M (medium)	c (hrubá)	
0,5 až 3	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	-
po dobu 3 až 6	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
více než 6 až 30	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
více než 30 až 120	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 1,5$
více než 120 až 400	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 2,5$
více než 400 až 1000	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$
přes 1000 do 2000	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 3,0$	$\pm 6,0$
přes 2000 do 4000	-	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	$\pm 8,0$

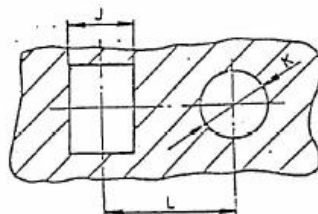
ČSN 22 6015



Obr. 3. Výstřížek



Obr. 4. Otvor v součásti

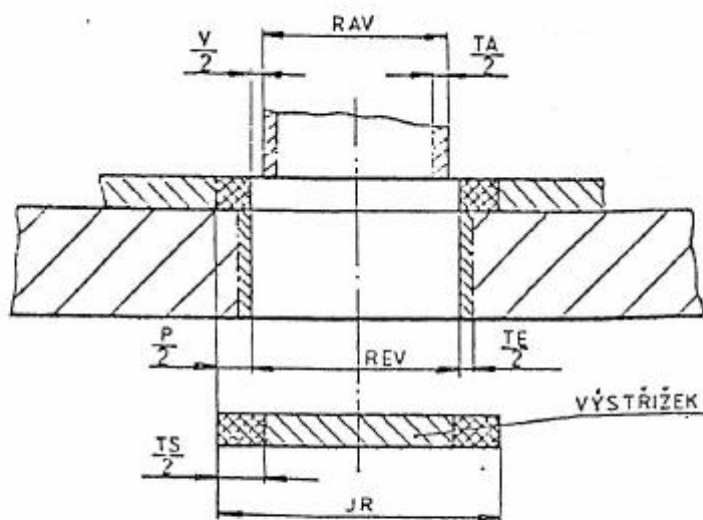


Obr. 5. Otvory v součásti

Tab. 6

Změna rozměru součástek vlivem opotřebení pracovních částí nástrojů		
Rozměry se zvětšují	Rozměry se zmenšují	Rozměry se nemění
A ₁ , B ₁ , C ₁ , E ₁ D ₂	D ₁ A ₂ , B ₂ , C ₂ , E ₂ J, K	F ₁ , H ₁ F ₂ , H ₂ L

ČSN 22 6015



Obr. 6. Vystřihování

Tab. 7. Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při vystřihování

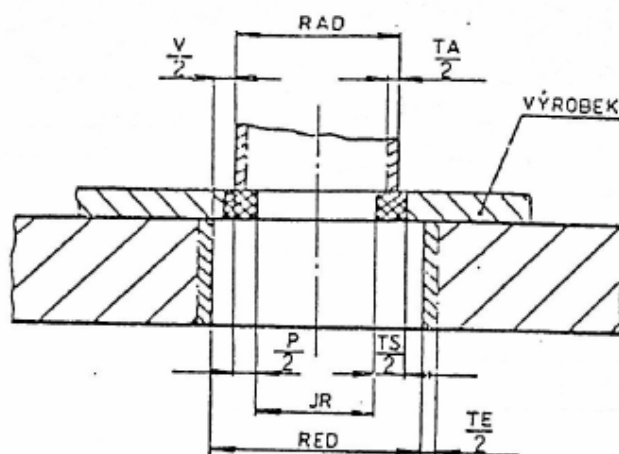
Opo- tře- bení rozměry:	Orien- tace odchylek TS	Technologicky základní část			
		Střížnice	*)	Střížník	**)
Zvětšuje (např.: A ₁ , B ₁ , C ₁ , E ₁ obr. 3)	+	$REV = (JR) + TE$	$RAV = (REV + V + TA) - TA$	$RAV = (JR - V + TA) - TA$	$REV = (RAV + V + TE) + TE$
	-	$REV = (JR - P) + TE$		$RAV = (JR - P - V + TA) - TA$	
	±	$REV = (JR - \frac{P}{2}) + TE$		$RAV = (JR - \frac{P}{2} - V + TA) - TA$	
Zmen- šuje (např.: D ₁ obr. 3)	+	$REV = (JR + P) - TE$	$RAV = (REV + V + TA) + TA$	$RAV = (JR + P + V) + TA$	$REV = (RAV - V + TE) - TE$
	-	$REV = (JR) - TE$		$RAV = (JR + V) + TA$	
	±	$REV = (JR + \frac{P}{2}) - TE$		$RAV = (JR + \frac{P}{2} + V) + TA$	
Nemění (např.: F ₁ , H ₁ obr. 3)	+	$REV = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAV = (REV) + TA$	$RAV = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$REV = (RAV) + TE$
	-	$REV = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$		$RAV = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$	
	±	$REV = (JR) \pm TE$		$RAV = (JR) \pm TA$	
*) Odvozené vzorce pro střížník				Tlustě zarámované vzorce se používají častěji	
**) Odvozené vzorce pro střížnici					

Vysvětlivky:

REV — rozměr střížnice při vystřihování
 RAV — rozměr střížníku při vystřihování
 JR — jmenovitý rozměr součástí
 V — střížná vůle (tab. 9 až 13 uvedené v příloze této normy)

TS — tolerance jmenovitého rozměru
 P — přípustná míra opotřebení
 TE — výrobní tolerance střížnice
 TA — výrobní tolerance střížníku (tab. 8 uvedená v příloze této normy)

ČSN 22 6015



Obr. 7. Děrování

Tab. 8. Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice při děrování

Opořeben í rozměry:	Orien tace odchylek TS	Technologicky základní část			
		Střížník	*)	Střížnice	**)
Zvět šuje (např.: D ₂ obr. 4)	+	$RAD = (JR) + TA$	$RED = (RAD + V + TE)$ -TE	$RED = (JR - V + TE) - TE$	$RAD = (RED + V + TA)$ +TA
	-	$RAD = (JR - P) + TA$		$RED = (JR - P - V + TE) - TE$	
	±	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) + TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2} - V + TE) - TE$	
Zmen šuje (např.: A ₂ , B ₂ , C ₂ , E ₂ , J, K obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + P) - TA$	$RED = (RAD + V + TE)$ +TE	$RED = (JR + P + V) + TE$	$RAD = (RED - V + TA)$ -TA
	-	$RAD = (JR) - TA$		$RED = (JR + V) + TE$	
	±	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) - TA$		$RED = (JR + \frac{P}{2} + V) + TE$	
Nemění (např.: F ₂ , H ₂ , L obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$RED = (RAD) \pm TE$ (RAD)±TE	$RED = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAD = (RED) + TA$ +TA
	-	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$	
	±	$RAD = (JR) \pm TA$		$RED = (JR) \pm TE$	
*) Odvozené vzorce pro střížnici			Tlustě zářmované vzorce		
**) Odvozené vzorce pro střížník			se používají nejčastěji		

Poznámky:

RED — rozměr střížnice při děrování
 RAD — rozměr střížníku při děrování
 JR — jmenovitý rozměr součásti
 V — střížná vůle (tab. 9 až 13 uvedené v příloze této normy)

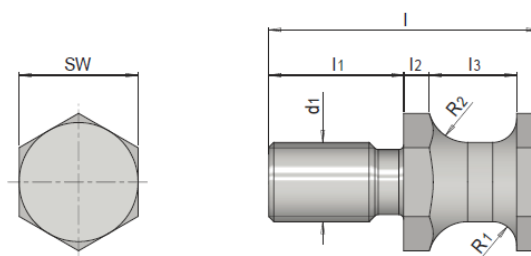
TS — tolerance jmenovitého rozměru
 P — přípustná míra opořebení
 TE — výrobní tolerance střížnice
 TA — výrobní tolerance střížníku (tab. 8 uvedená v příloze této normy)

Příloha k ČSN 22 6015

Tab. 13. Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel

Rozměry v mm

Tolerance součástí TS		Přípustná míra opotřebení P	Výrobní tolerance	
od	do		Střížnice - TE	Střížník - TA
0,020	0,025	0,020	0,007	0,004
0,025	0,030	0,025	0,008	0,005
0,030	0,035	0,030	0,009	0,006
0,035	0,040	0,035	0,011	0,008
0,040	0,045	0,040	0,013	0,009
0,045	0,050	0,045	0,016	0,011
0,050	0,060	0,050	0,019	0,013
0,060	0,070	0,060	0,022	0,015
0,070	0,080	0,070	0,025	0,018
0,080	0,090	0,080	0,029	0,020
0,090	0,100	0,080	0,032	0,023
0,100	0,120	0,100	0,036	0,025
0,120	0,140	0,110	0,036	0,025
0,140	0,160	0,120	0,040	0,027
0,160	0,180	0,140	0,044	0,030
0,180	0,200	0,160	0,054	0,035
0,200	0,220	0,170	0,063	0,040
0,220	0,240	0,180	0,072	0,046
0,240	0,260	0,200	0,081	0,052
0,260	0,280	0,220	0,089	0,058
0,280	0,300	0,250	0,089	0,059
0,300	0,320	0,250	0,100	0,060
0,320	0,350	0,270	0,100	0,062
0,350	0,370	0,290	0,120	0,074
0,370	0,400	0,310	0,120	0,074
0,400	0,430	0,330	0,140	0,087
0,430	0,460	0,350	0,140	0,087
0,460	0,500	0,360	0,157	0,100
0,500	0,530	0,410	0,160	0,100
0,530	0,580	0,430	0,160	0,100
0,560	0,600	0,460	0,190	0,120
0,600	0,650	0,500	0,190	0,120
0,650	0,700	0,540	0,230	0,140
0,700	0,750	0,580	0,230	0,140
0,750	0,800	0,620	0,250	0,160
0,800	0,900	0,680	0,250	0,160
0,900	1,000	0,760	0,290	0,185
1,000	1,200	0,820	0,320	0,210
1,200	1,400	1,000	0,360	0,230
1,400	více	1,200	0,400	0,250

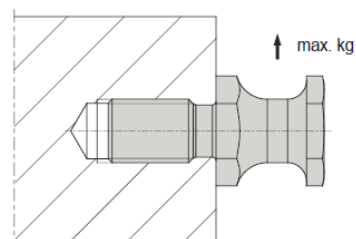


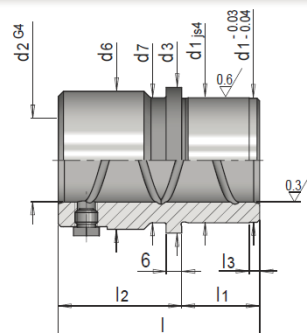
Mat.: 1.1191 $\approx 700 \text{ N/mm}^2$

VDI 3366

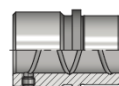


max. kg	SW	l	l ₁	l ₂	l ₃	R ₁	R ₂	d ₁	Nr./No.	
320	24	58	28	5.5	20	6	10	M16	E 1280/16	
500	30	68	34	6.5	22			M20	E 1280/20	
1000	36	78	38	8	25			M24	E 1280/24	
1500	41	95	45	10	32			M30	E 1280/30	
2500	50	118	56	12	40	8	12	M36	E 1280/36	



E 5124**Gleitführungsbuchse Stahl
mit Bund**Sliding guide bush, steel,
with collar

Typ 1



Typ 2



Mat.: 1.7131 ≈ 60 HRC ≈ ISO 9448 (DIN 9831)

3.2

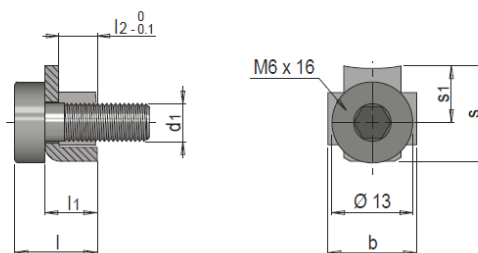
Typ	d1	d3	d6	d7	Tk	E 5270/.	l	l3	d2	l1	l2	Nr./No.
2	32	40	-	32	52	E 5270/6/6	32	3	20	20	12	E 5124/20 x 20/12
1			39				40				20	E 5124/20 x 20/20
2			-				56				36	E 5124/20 x 20/36
1	40	48	-	40	60	E 5270/6/6	35	3	25	23	12	E 5124/25 x 23/12
			46				59				36	E 5124/25 x 23/36
							55			30	25	E 5124/25 x 30/25
							80				50	E 5124/25 x 30/50
2	48	56	-	48	67	E 5270/6/6	42	4	32		12	E 5124/32 x 30/12
1			53				75				45	E 5124/32 x 30/45
2			-				57			35	22	E 5124/32 x 35/22
1			53				67				32	E 5124/32 x 35/32
							91				56	E 5124/32 x 35/56
2	58	66	-	58	77	E 5270/6/6	50	5	40		15	E 5124/40 x 35/15
1			63				80				45	E 5124/40 x 35/45
2			-				69			45	24	E 5124/40 x 45/24
1			63				77				32	E 5124/40 x 45/32
							108				63	E 5124/40 x 45/63
							125				80	E 5124/40 x 45/80
2	70	80	-	71	91	E 5270/6/6	63	6	50		18	E 5124/50 x 45/18
1			77	70			95				50	E 5124/50 x 45/50
							91			55	36	E 5124/50 x 55/36
							126				71	E 5124/50 x 55/71
							145				90	E 5124/50 x 55/90
2	85	95	-	86	110	E 5270/8/6	75	6	63		20	E 5124/63 x 55/20
1			92	85			111				56	E 5124/63 x 55/56
							145				90	E 5124/63 x 55/90

E 5274



Haltestück gestanzt

Retainer clip punched

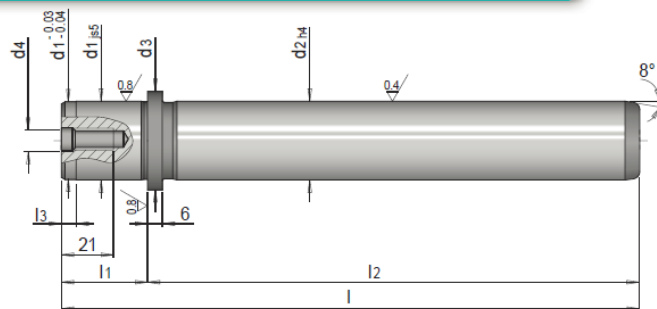


Mat.: 1.0330

b	l	l ₁	l ₂	s	s ₁	d ₁	Nr. /No.
14	13.5	8.5	5.9	15	9	M 6	E 5274/ 6

E 5010**Führungssäule h4 mit
Bund**

Guide pillar h4 with collar

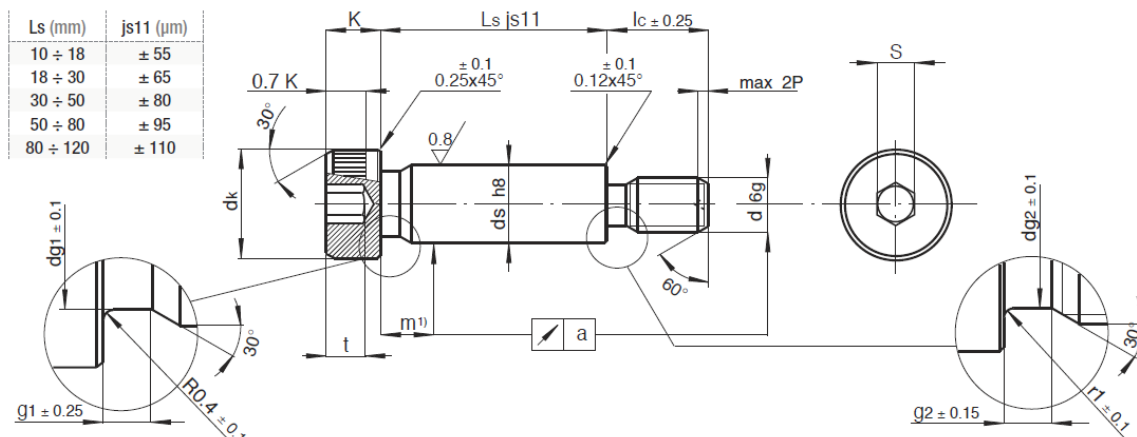


Mat.: 1.1213 ≈ 62 HRC inductive

nur für Gleitführungsbuchsen geeignet
only suitable for sliding guide bushes

3/2

d1	d3	d4	Tk	E 5270/.	l	l1	l3	d2	l2	Nr./No.
20	25	M8	38	E 5270/6/6	103	23	3	20	80	E 5010/20 x 80
					123				100	E 5010/20 x 100
					135				112	E 5010/20 x 112
					148				125	E 5010/20 x 125
					163				140	E 5010/20 x 140
					183				160	E 5010/20 x 160
					203				180	E 5010/20 x 180
					223				200	E 5010/20 x 200
25	32	M8	43	E 5270/6/6	110	30	3	25	80	E 5010/25 x 80
					130				100	E 5010/25 x 100
					142				112	E 5010/25 x 112
					155				125	E 5010/25 x 125
					170				140	E 5010/25 x 140
					190				160	E 5010/25 x 160
					210				180	E 5010/25 x 180
					230				200	E 5010/25 x 200
					254				224	E 5010/25 x 224
					280				250	E 5010/25 x 250
32	40	M8	51	E 5270/6/6	147	35	4	32	112	E 5010/32 x 112
					160				125	E 5010/32 x 125
					175				140	E 5010/32 x 140
					195				160	E 5010/32 x 160
					215				180	E 5010/32 x 180
					235				200	E 5010/32 x 200
					259				224	E 5010/32 x 224
					285				250	E 5010/32 x 250
					315				280	E 5010/32 x 280
					350				315	E 5010/32 x 315
40	50	M8	61	E 5270/6/6	160	35	4	40	125	E 5010/40 x 125
					175				140	E 5010/40 x 140
					195				160	E 5010/40 x 160
					215				180	E 5010/40 x 180
					235				200	E 5010/40 x 200
					259				224	E 5010/40 x 224
					285				250	E 5010/40 x 250
					315				280	E 5010/40 x 280
					350				315	E 5010/40 x 315
					390				355	E 5010/40 x 355
50	63	M8	74	E 5270/6/6	185	45	5	50	140	E 5010/50 x 140
					205				160	E 5010/50 x 160
					225				180	E 5010/50 x 180
					245				200	E 5010/50 x 200
					269				224	E 5010/50 x 224
					295				250	E 5010/50 x 250
					325				280	E 5010/50 x 280
					360				315	E 5010/50 x 315
					400				355	E 5010/50 x 355
					445				400	E 5010/50 x 400
63	80	M12	94	E 5270/8/6	205	45	5	63	160	E 5010/63 x 160
					225				180	E 5010/63 x 180
					245				200	E 5010/63 x 200
					269				224	E 5010/63 x 224
					295				250	E 5010/63 x 250
					325				280	E 5010/63 x 280
					360				315	E 5010/63 x 315
					400				355	E 5010/63 x 355
					445				400	E 5010/63 x 400

SSB

I
 Materiale: acciaio legato alto resistenziale per bulloneria ISO 12.9
 Durezza: 37-43 HRC
 Carico unitario di rottura a trazione: $R_m = 1200 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Carico unit. di scostam. dalla proporz.: $R_p 0,2 = 1080 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Carico unitario di resistenza al taglio: $T_m = 720 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Allungamento: $A = 8\% \text{ min.}$ - Resilienza: KCU 15J min.

GB
 Material: high grade alloy steel ISO 12.9
 Hardness: 37-43 HRC
 Tensile strength: $R_m = 1200 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Yield strength: $R_p 0,2 = 1080 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Shear strength: $T_m = 720 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Elongation: $A = 8\% \text{ min.}$ - Impact test: KCU 15J min.

D
 Werkstoff: Vergütungsstahl, vergütet auf 12.9 DIN/ISO 898
 Härte: 37-43 HRC
 Zugfestigkeit: $R_m = 1200 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Dehngrenze: $R_p 0,2 = 1080 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Scherfestigkeit: $T_m = 720 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Verlängerung: $A = 8\% \text{ min.}$ - Kerbschlagzähigkeit: KCU 15J min.

F
 Matériel: acier à haute résistance pour vis ISO 12.9
 Dureté: 37-43 HRC
 Résistance à la traction: $R_m = 1200 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Limite apparente d'élasticité: $R_p 0,2 = 1080 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Résistance au cisaillement: $T_m = 720 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Allongement: $A = 8\% \text{ min.}$ - Résilience: KCU 15J min.


E
 Material: acero alta resistencia ISO 12.9
 Dureza: 37 - 43 HRC
 Resistencia a la tracción: $R_m = 1200 \text{ N/mm}^2$
 Límite aparente de elasticidad: $R_p 0,2 = 1080 \text{ N/mm}^2$
 Resistencia al corte: $T_m = 720 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Elongación: $A = 8\%$ - Resiliencia: KCU = 15J min.

P
 Material: liga de aço ISO 12.9
 Dureza: 37-43 HRC
 Carga de tensão: $R_m = 1200 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Carga de rotura: $R_p 0,2 = 1080 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Carga de desgaste: $T_m = 720 \text{ N/mm}^2 \text{ min.}$
 Elasticidade: $A = 8\% \text{ min.}$ - Teste ao impacto: KCU = 15J min

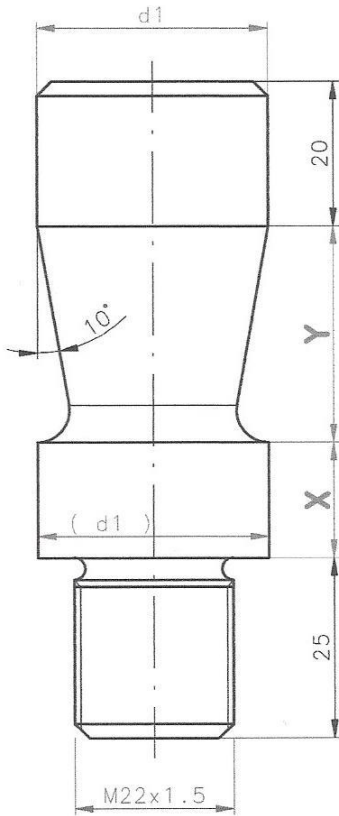
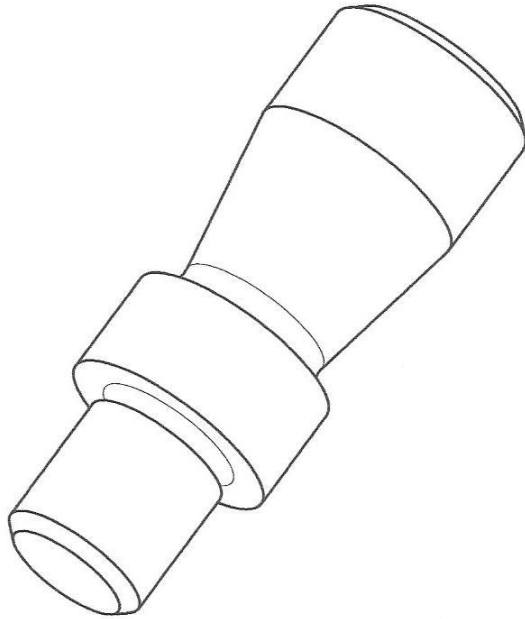



Dimensions (mm)

ds			d	P	dk	t	K	dg1	g1	dg2	g2	r1	lc	S		
nom.	min.	max.			max.	min.	max.	nom.	nom.	nom.	nom.	nom.	max.	nom.	min.	max.
6	5,982	6,00	M5	0,8	10,15	2,4	4,5	5,52	1,85	3,78	1,8	0,6	9,5	3	3,01	3,058
8	7,978	8,00	M6	1	13,2	3,3	5,5	7,52	1,85	4,51	2,3	0,6	11	4	4,01	4,068
10	9,978	10,00	M8	1,25	16,2	4,2	7	9,52	1,85	6,18	2,6	0,7	13	5	5,02	5,095
12	11,973	12,00	M10	1,5	18,2	4,9	9	11,52	1,85	7,84	2,8	0,85	16	6	6,02	6,095
16	15,973	16,00	M12	1,75	24,3	6,6	11	15,52	1,85	9,5	3,8	0,95	18	8	8,025	8,115
20	19,967	20,00	M16	2	30,35	8,8	14	19,52	2,65	13,17	4,6	1,2	22	10	10,025	10,115
24	23,967	24,00	M20	2,5	36,4	10	16	23,52	2,65	16,5	5,4	1,4	27	12	12,032	12,142

Concentricity "a" (mm)

ds	d	Ls																			
		10	12	15	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100		120
6	M5	,100	,100	,100	,100	,150	,200	,250	,305	,360	,415	,470	,525	,580							
8	M6		,112	,112	,112	,112	,150	,188	,226	,263	,300	,338	,376	,413	,451	,488	,563	,638	,713		50 pcs
10	M8			,105	,105	,108	,144	,180	,216	,252	,288	,324	,360	,396	,432	,468	,540	,612	,684		
12	M10			,120	,120	,120	,120	,150	,180	,210	,240	,270	,300	,330	,360	,390	,450	,510	,570	,690	25 pcs
16	M12							,138	,165	,193	,221	,248	,276	,303	,331	,358	,413	,468	,523	,633	
20	M16									,156	,178	,199	,221	,242	,264	,285	,328	,371	,414	,500	10 pcs
24	M20											,195	,216	,238	,260	,282	,330	,389	,412	,500	pcs

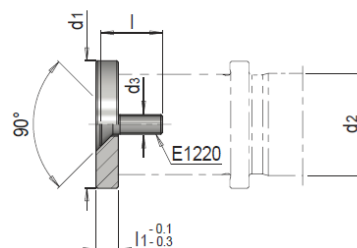
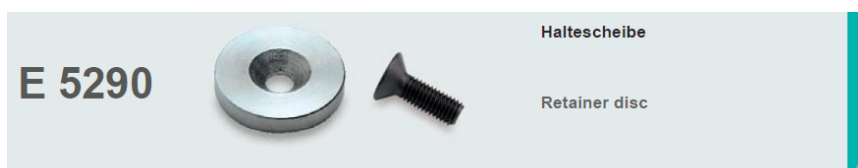
ESEMPIO D' ORDINE - ORDERING EXAMPLE - BESTELLBEISPIEL - EXEMPLE DE COMMANDE - EJEMPLO DE PEDIDO - EJEMPLO DE ENCOMENDA : (50) SSB 10 - M8 x 50
 CONSEGNA DA MAGAZZINO - DELIVERY FROM STOCK - LIEFERUNG AB LAGER - DISPONIBLE SUR STOCK - DISPONIBLE EN STOCK - ENTREGA DO STOCK

1	2	3	4																																								
<div style="text-align: center;">  </div>	<div style="text-align: right;"> $3,2 / (\checkmark)$ </div> <div style="text-align: center;">  </div>																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">LIS</th> <th style="width: 15%;">d1</th> <th style="width: 15%;">Y</th> <th style="width: 35%;">X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaiser 120 t</td> <td>60</td> <td>50</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Kaiser 100/24 t</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Kaiser 90 t</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Kaiser 100/23</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Len 100 t</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>Len 63 t</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Ebu 50 t</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>175</td> </tr> <tr> <td>PME 30 t</td> <td>32</td> <td>30</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Mabu 15 t</td> <td>32</td> <td>30</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>				LIS	d1	Y	X	Kaiser 120 t	60	50	25	Kaiser 100/24 t	50	50	50	Kaiser 90 t	50	50	75	Kaiser 100/23	50	50	100	Len 100 t	50	50	125	Len 63 t	50	50	150	Ebu 50 t	40	30	175	PME 30 t	32	30	25	Mabu 15 t	32	30	50
LIS	d1	Y	X																																								
Kaiser 120 t	60	50	25																																								
Kaiser 100/24 t	50	50	50																																								
Kaiser 90 t	50	50	75																																								
Kaiser 100/23	50	50	100																																								
Len 100 t	50	50	125																																								
Len 63 t	50	50	150																																								
Ebu 50 t	40	30	175																																								
PME 30 t	32	30	25																																								
Mabu 15 t	32	30	50																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">POS. 000</td> <td style="width: 10%;">KS./PCS. -</td> <td style="width: 20%;">MATERIAL: -</td> <td style="width: 10%;">HRC -</td> <td style="width: 20%;">NORMA-C: ROZMER/NORMA-CLEAR SIZE O</td> <td style="width: 30%;">TOLERANCE: TOLERATION: ,00=+/-0.01 ,0=+/-0.1 N=+/-0.3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" rowspan="2" style="text-align: center;">  </td> <td colspan="2" style="text-align: center;"> ZDAR nad SAZAVOU Jihlava 3 CZ 591 01 CATIA V5 </td> <td style="text-align: center;"> DATUM: DATE: 19/12/2011 KRESLIL: DREW: Melichar </td> <td style="text-align: center;"> MERITKO/SCALE: M 1:1 </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> NAZEV/TITLE: Stopky_Lisovna </td> <td colspan="2" style="text-align: center;"> CISLO ARTIKLU A INDEX ARTIKLU: NUMBER OF ARTIKL AND INDEX OF ARTIKL: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div></div><div>00</div></div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> A4 2011-09-01 TYP: TYPE: - NASOBNA MULTIPLE </td> <td colspan="4" style="text-align: center;"> SKLAD-C: STOCK NUMBER: </td> </tr> </table>				POS. 000	KS./PCS. -	MATERIAL: -	HRC -	NORMA-C: ROZMER/NORMA-CLEAR SIZE O	TOLERANCE: TOLERATION: ,00=+/-0.01 ,0=+/-0.1 N=+/-0.3			ZDAR nad SAZAVOU Jihlava 3 CZ 591 01 CATIA V5		DATUM: DATE: 19/12/2011 KRESLIL: DREW: Melichar	MERITKO/SCALE: M 1:1	NAZEV/TITLE: Stopky_Lisovna			CISLO ARTIKLU A INDEX ARTIKLU: NUMBER OF ARTIKL AND INDEX OF ARTIKL: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div></div><div>00</div></div>		A4 2011-09-01 TYP: TYPE: - NASOBNA MULTIPLE		SKLAD-C: STOCK NUMBER:																				
POS. 000	KS./PCS. -	MATERIAL: -	HRC -	NORMA-C: ROZMER/NORMA-CLEAR SIZE O	TOLERANCE: TOLERATION: ,00=+/-0.01 ,0=+/-0.1 N=+/-0.3																																						
		ZDAR nad SAZAVOU Jihlava 3 CZ 591 01 CATIA V5		DATUM: DATE: 19/12/2011 KRESLIL: DREW: Melichar	MERITKO/SCALE: M 1:1																																						
		NAZEV/TITLE: Stopky_Lisovna			CISLO ARTIKLU A INDEX ARTIKLU: NUMBER OF ARTIKL AND INDEX OF ARTIKL: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div></div><div>00</div></div>																																						
A4 2011-09-01 TYP: TYPE: - NASOBNA MULTIPLE		SKLAD-C: STOCK NUMBER:																																									

G:\DATA_NASTROJE\ostetmi\STOPKY\Stopky_9_12_2011.CATPart

STROJ
MACHINE:

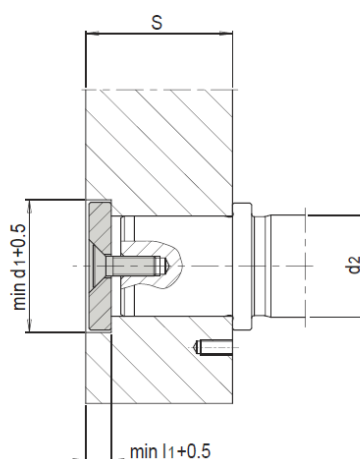
mm 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Mat.: 1.1730

32

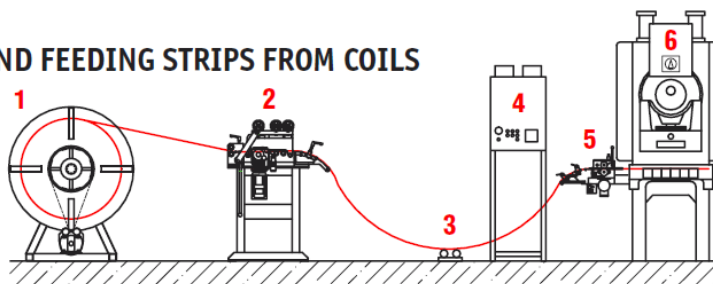
S	d2	l1	d3	d1	l	Nr. /No.
36	20	6	M8	25	25	E 5290/25/25
46					35	E 5290/25/35
-	25			32	25	E 5290/32/25
46					30	E 5290/32/30
56					40	E 5290/32/40
46	32	7		40	25	E 5290/40/25
56					35	E 5290/40/35
66					45	E 5290/40/45
46	40			50	25	E 5290/50/25
56					35	E 5290/50/35
66					45	E 5290/50/45
56	50	8		60	25	E 5290/60/25
66					35	E 5290/60/35
76					45	E 5290/60/45
56	63		M12	70	30	E 5290/70/30
66					40	E 5290/70/40
76					50	E 5290/70/50



TECHNICKÁ DATA STROJŮ - LISOVNA PLECHU													
Výrobce	KAISER 160	KAISER PV 120 F	KAISER 100/24/3	KAISER 100/23/5	PME 100	LEN 63	PME 100	EBU 50 T	PM				
výrobní typ	V 160 W 1300	PV 120 F	KAISER 100/24/3	KAISER 100/23/5	PE 100 D	LEN 63 C	PE 100 CMA	H 50	PE				
výrobní číslo	131383	130106	130584	V100W/900	2079/01/7100034	0300	2042/10/1810054	P5327983	2179/07				
inventurní číslo	19223	9093	130584	19323	19416	13184	22525	9363	19				
rok výroby	1989 (GO 2005/6)	1971 (GO 1994, 2011.11.1994)	19324	1983 (GO1994)	2001	1980	2011	1983	2				
aktivační majetek v SAP	30.4.2005	1.11.1994	31.10.2006	28.2.2007	31.12.2009	31.8.2006	1.8.2011	1.12.1996	31.1				
CE	jen elektro část	má CE, ne linka	NE	NE	ANO	ANO	ANO	nemusi být	7				
pracoviště	ST0160	ST0120	ST010003	ST010005	ST010004	ST0100	ST10008	ST0050	S				
sazba pers./strojí	245/380 = 625	180/295 = 475	245/300 = 545	245/300 = 545	245/210 = 455	245/210 = 455	180/250 = 430	180/250 = 430	180/7				
pořadové číslo stroje	1	2	3	5	4	6	7	11	11				
výrobní čas	UST0001	UST0002	UST0003	UST0005	UST0006	UST0007	UST0008	UST0011	UST0011				
středisko	4016	4013	4017	4017	4019	4019	4019	4014	4014				
příkon stroje (kw)	62.8	11	18.5	30	8.25	8	8.5 kw	3	3				
odvíjení + rovinání (kw)	2.2	2.9	7.5	2.5	2	0	0	0	0				
hnačí řemen	plochý	plochý	plochý	spojený klínový Optibelt	klínový 4 ks	klínový 6 ks	klínový	plochý	klí				
rozměry	4050 x 120 mm	4050 x 120 mm	4050 x 120 mm	4 SPB 4000 LW-5V-4 15'	SPB 17 x 2743lp	17 X 4500	4360 x 80	4360 x 80					
Upínací plocha stolu	1220x900	620x500	850 x 700	870 x 800	900 x 560	900 x600	1100 x 660	650 x 510 x 60	5				
Max. rozměr nástroje	1220x900	620x500	850 x 580	800 x 725	720 x 460	900x600	660 x 450	650 x 510	2				
Rozeznání beranu	1100x700	600x555	560x500	730x620	900 x 560	560x350	450x280	450 x 180	2				
Upnutí nástroje	L kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	2				
Upínací dutina v beranu	sředící drážka	čep, střed drážka	čep, střed drážka	střed drážka	čep	čep	čep	čep	čep				
Max. zdvih beranu	80	60	70	80	90	105	150	120	120				
Min. zdvih beranu	10	8	10	10	10	10	18	8	8				
Možnosti přestavění zdvihu	10,12,18,24,30,37,43,49,54,59,64,68,72,75,77,80	8,15,26,38,46,54,58,66	pevný zdvih 70	10,14,22,30,38,47,54,60,66,71,80	10,20,36,50,64,75,83,88,90	10-125	18,30,51,72,85,98,115,129,146,150	17,22,35,49,63,70,85,95,103	5,11				
Min. sevření	155	260	0	0	380	210	150	150					
Přestavitelnost stolu	40-240	35-140	50-300	50-300	10-140	0	40-100	100					
Rozsah zdvihu/minutu	150	175	100	85	80	70	100	70					
Stavitelnost beranu	9999	9999	210	80	9999	-	ruční zakládání	ruční zakládání	ru				
Max. posuv	400	250	250	250	300	-	470 (+ 80 mm deska)	350 - 450					
Max.výška rozvěveného nástroje	340 + (90 mm deska)	570	460	360	470 (+ 80 mm deska)	420	Ø 290	120/230	Ø				
Odpadový otvor	1000 x 250 (900 x 150)	650x140, 390x150	580 x 160	750 x 200	700 x 200	Ø 230	560	350/450					
Max.výška od stolu k vodicím plochám beranu	280	520	290	290	425	400							
Maximální síla materiálu	4 mm	3 mm	3 mm	3 mm	3.5	4 mm automat, 7 ohyb		3 mm					
Přestavování zdvihu													
rovnáčka	Dreher	Toma	Toma	Toma	K 160 t	K 120 t	Kaiser 100/23/5						
model	1675 BV/11	inv. č. 9080	inv. č. 19417	inv. č. 19417	zdvih - sevř. Max/min	zdvih - sevř. Max/min	zdvih - sevř. Max/min						
typ	-	ORM 300/4 A	ORM 300/4 A	ORM 300/4 A	10 - 340/190	8 - 441/266	10 - 396/5/310,5						
vyr. č.	07/376-88	013	67/2008	67/2008	12 - 339/189	15 - 437,5/262,5	22 - 390,5/304,5						
rok	1989	1993	2008 - CE ano	2008 - CE ano	18 - 336/186	26 - 432/257	30 - 386,5/300,5						
počet válců	2/6 + 5/2	4 + 3	4 + 3	4 + 3	24 - 333/183	30 - 386,5/300,5	30 - 386,5/300,5						

ROVNAČÍ A PODÁVACÍ LINKA ARPL LINE ARPL FOR STRAIGHTENING AND FEEDING STRIPS FROM COILS

- 1 - Odvíják / Uncoiler AOZ
2 - Rovnačka / Straightener ROA
3 - Sledování smyčky / Strip position sensor
4 - Ovládací panel / Control panel
5 - Podavač / Feeder PAL
6 - Lis / Press



TECHNICKÉ PARAMETRY / TECHNICAL PARAMETERS

Řada odvíjáků AOZ / Uncoilers AOZ

Typ/Type	Nosnost Capacity (kN)	Vnitřní ø svitku Coil inner ø (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost odvíjení Uncoiling speed max. (m/min)	Pohon elektromot. Electric drive	Příkon Power input (kW)
AOZ 03	3 ÷ 8	480 ÷ 620	120	0,15 ÷ 1,2	80	ne / no	—
AOZ 08	8 ÷ 15	480 ÷ 620	250	0,3 ÷ 2,0	180	ano-ne / yes-no	1,5 ÷ 3,0
AOZ 15	15 ÷ 25	480 ÷ 620	350	0,3 ÷ 3,0	160	ano-ne / yes-no	2,2 ÷ 7,5
AOZ 25	15 ÷ 40	480 ÷ 620	350	0,3 ÷ 4,0	160	ano-ne / yes-no	7,5 ÷ 15,0
AOZ 40	40 ÷ 100	480 ÷ 620	580	0,5 ÷ 4,5	160	ano-ne / yes-no	11,0 ÷ 22,0

Řada rovnaček ROA / Strip flatteners ROA

Typ/Type	Počet válců Number of rollers	Průměr válců Diameter of rollers (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost Uncoiling speed max. (m/min)	Pohon elektromot. Electric drive	Příkon Power input (kW)
ROA 160	5	40	160	0,3 - 1,8	280	ne / no	7,5
ROA 250	5	60	250	0,3 - 2,5	320	ano-ne / yes-no	7,5
ROA 350	5	80	350	0,3 - 4,0	260	ano-ne / yes-no	11,0
ROA 580	5	100	580	1,0 - 4,5	260	ano-ne / yes-no	18,5

Řada podavačů PAL / Feeders PAL

Typ/Type	Přesnost podání Accuracy of feed (mm na / per 1000 mm)	Průměr válců Diameter of rollers (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost linky Mill speed max. (m/min.)	Celkový příkon Power input (kW)	Max délka podání Length of feed max. (mm)
PAL 150	± 0,05 ÷ 0,1	40	150	0,5 ÷ 3	100	3,0	3 000
PAL 250	± 0,05 ÷ 0,1	60	250	0,5 ÷ 3,5	80	3,0	3 000
PAL 500	± 0,05 ÷ 0,1	80	500	0,8 ÷ 3	80	3,0	6 000

Řada podávacích a rovnacích linek ARPL / Coil straightening and feeding lines ARPL

Typ/Type	Přesnost podání Accuracy of feed (mm na / per 1000 mm)	Průměr válců Diameter of rollers (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost linky Mill speed max. (m/min.)	Celkový příkon Power input (kW)	Max délka podání Length of feed max. (mm)
RAL 150	± 0,05 ÷ 0,1	40	100	0,5 ÷ 3,0	40	7,5	3 000
RAL 250	± 0,05 ÷ 0,1	60	200	0,5 ÷ 3,5	35	10,2	3 000
RAL 500	± 0,05 ÷ 0,1	80	500	0,8 ÷ 3,0	35	10,2	6 000

Attl a spol. s.r.o.
Továrna na stroje

Ke Slatinám 117, 109 00 Praha 10, Czech Republic
tel +420 272 705 511, fax +420 271 960 414
e-mail: attl@attl.cz, <http://www.attl.cz>
IČO: 48110566, DIČ: CZ 48110566

Ø25mm
275daN

MICRO 25H

i Pressure medium Gas Nitrógeno (N₂)

Max. charging pressure	175 Bar
Min. charging pressure	50 Bar
Rod seal area	1,54 cm ²
Operating temperature	0°C - 80°C
Force increase by temperature	0,33 %/°C
Max. stem speed	1,2 m/s
Maintenance kit	Kit MH25.1

VDI SAFETY

Code	Smax mm	La mm	Lc mm	V l	Kg
MICRO 25Hx7	6,5	44	37	0,003	0,08
MICRO 25Hx10	9,5	50	40	0,004	0,10
MICRO 25Hx12	11,5	54	42	0,005	0,10
MICRO 25Hx15	14,5	60	45	0,006	0,11
MICRO 25Hx16	15,5	62	46	0,007	0,11
MICRO 25Hx19	18,5	68	49	0,008	0,12
MICRO 25Hx25	24,5	80	55	0,010	0,13
MICRO 25Hx32	31,5	94	62	0,013	0,14
MICRO 25Hx38	37,5	106	68	0,016	0,15
MICRO 25Hx50	49,5	130	80	0,021	0,17
MICRO 25Hx63	62,5	156	93	0,026	0,20
MICRO 25Hx75	74,5	185	110	0,033	0,21
MICRO 25Hx80	79,5	190	110	0,033	0,22
MICRO 25Hx80B	79,5	195	115	0,035	0,23
MICRO 25Hx100	99,5	235	135	0,041	0,27
MICRO 25Hx125	124,5	285	160	0,052	0,30

Color code	Fa daN	Fc daN	P Bar
GR (Green)	100 (±10)	≈ 160	65
BL (Blue)	150 (±10)	≈ 245	100
RD (Red)	200 (±15)	≈ 315	130
YW (Yellow)	275 (±20)	≈ 425	175
(Other forces)	75 - 275	≈ 120 - 425	50 - 175

The black color code denotes a different pressure from that which the customer could choose when ordering between the minimum charging pressure (50Bar) and the maximum charging pressure (175Bar). If not otherwise specified, the gas spring will be supplied in the yellow code version.

How to order

MICRO 25H x **50** RD

Model
Stroke
Color code

Force/stroke ratio

Initial force/charging pressure ratio

Assembly possibilities

TPGAS 07 01-2018

Manufactured by Técnicas Aplicadas de Presión, S.L. - www.tecapres.com

45

MICRO

TITAN

TPH

TPS

TPSP

TPF

TPK

TPC

TPCT

TPB

TPR

TPA

TPG

TPSR

TPSR5

TPNS

STOP CYLINDER

HOT FORMING

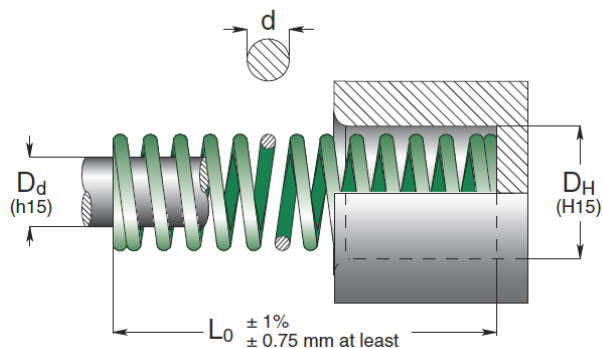
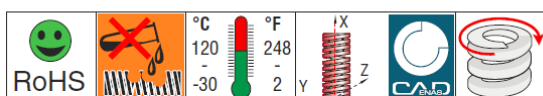
TPHT







TPSL

TV SERIES

Round Wire

- IT** Molle carico leggero
EN Light load springs
DE Federn für normale Spannung
FR Ressorts charge légère
ES Muelles carga ligera
PT Molas carga leve



Code	D _H Hole Diameter	D _d Rod Diameter	L ₀ Free Length	R Spring Constant	 25% L ₀	 30% L ₀	 35% L ₀	 40% L ₀	 approx. do not use					
	d			± 10%	+ 3.000.000	~ 1.500.000	300 - 500.000	100 - 200.000						
	mm	mm	mm	N/mm	mm N	mm N	mm N	mm N	mm	Pcs				
TV 10 - 025	10	5	25	4.4	6.3	28	7.5	33	8.8	39	10.0	44	13.2	50
TV 10 - 032			32	3.4	8.0	27	9.6	33	11.2	38	12.8	44	16.5	50
TV 10 - 038			38	2.8	9.5	26	11.4	32	13.3	37	15.2	42	19.8	50
TV 10 - 044			44	2.4	11.0	26	13.2	31	15.4	37	17.6	42	23.1	50
TV 10 - 051			51	2.1	12.8	27	15.3	32	17.9	37	20.4	43	26.9	25
TV 10 - 064	1.1		64	1.6	16.0	26	19.2	31	22.4	36	25.6	42	33.3	25
TV 10 - 076			76	1.3	19.0	25	22.8	30	26.6	35	30.4	40	39.6	25
TV 10 - 305			305	0.3	76.3	24	91.5	29	107	32	122	38	157	10
TV 13 - 025	12.5	6.3	25	8.5	6.3	53	7.5	64	8.8	74	10.0	85	13.5	50
TV 13 - 032			32	6.5	8.0	52	9.6	62	11.2	73	12.8	83	16.8	50
TV 13 - 038			38	5.3	9.5	51	11.4	61	13.3	70	15.2	81	20.3	50
TV 13 - 044			44	4.4	11.0	49	13.2	59	15.4	68	17.6	78	23.9	25
TV 13 - 051			51	3.8	12.8	48	15.3	58	17.9	68	20.4	78	26.9	25
TV 13 - 064	1.5		64	2.9	16.0	47	19.2	56	22.4	65	25.6	75	33.3	25
TV 13 - 076			76	2.5	19.0	48	22.8	57	26.6	67	30.4	76	41.1	25
TV 13 - 089			89	2.1	22.3	48	26.7	57	31.2	65	35.6	76	48.3	20
TV 13 - 305			305	0.6	76.3	45	91.5	54	107	64	122	73	163	10

TECHNICKÁ DATA STROJŮ - LISOVNA PLECHU													
Výrobce	KAISER 160	KAISER PV 120 F/H	KAISER 100/24/3	KAISER 100/23/5	PME 100	LEXN 1000	LEN 63	LEN 63 C	PE 100 CMA	EBU 50 T	PME		
výrobní typ	V 160 W 1300	PV 120 F	V 100	V100W/900	PE 100 D	LEXN 1000	LEN 63	LEN 63 C	PE 100 CMA	H 50	PE		
výrobní číslo	131383	130106	130584	131043	2079/01/17100034	1988	0300	0300	2042/10/1810054	P5327983	2179/07		
inventurní číslo	19223	9093	130584	131043	19416	19291	13184	13184	22525	9363	19		
rok výroby	1989 (GO 2005/6)	1971 (GO 1994, 2011, 11, 1994)	1977 (1995)	1983 (GO 1994)	2001 (GO 2005/6)	2006	1980	1980	2011	1983	2		
aktiveace majetku v SAP	30.4.2005	1.11.1994	31.10.2006	28.2.2007	31.12.2009	31.8.2006	31.7.2000	31.7.2000	1.8.2011	1.12.1996	31.1		
CE	jen elektro část	má CE, ne linka	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO	nemusi být	ST0050		
pracoviště	STO160	STO120	STO10003	STO10005	STO10004	STO100	ST0063	ST0063	ST10008	ST0050	ST0050		
sazba pers./strojn	245/380 = 625	180/295 = 475	245/300 = 545	245/300 = 545	245/210 = 455	245/210 = 455	180/250 = 430	245/210 = 455	180/250 = 430	180/250 = 430	180/250 = 430		
pořadové číslo stroje	1	2	3	5	4	6	7	7	12	11	11		
nevyrobní čas	UST0001	UST0002	UST0003	UST0005	UST0006	UST0007	UST0008	UST0008	UST0008	UST0008	UST0008		
středisko	4016	4013	4017	4017	4019	4019	4014	4014	4019	4014	4014		
přiklon stroje (kw)	62,8	11	18,5	30	8,25	10	8	8	8,5 kw	3	3		
odvíjení + rovinání (kw)	2,2	2,9	7,5	2,5	2	0	0	0	0	0	0		
hlnací řemen	plochy	plochy	plochy	spojení klínový Optibelt	klínový 4 ks	klínový 6 ks	klínový 5 ks	klínový 5 ks	klínový	plochy	plochy		
rozměry	4050 x 120 mm	4050 x 120 mm	4050 x 120 mm	4 SPB 4000 Lw:5V-4 157	SPB 17 x 2743lp	17 X 4500	17 x 4000	17 x 4000		4360 x 80			
Upínací plocha stolu	1220x900	620x500	850 x 700	870 x 800	900 x 560	900 x600	800x630	800x630	1100 x 660	650 x 510 x 60			
Max. rozměr nástroje	1220x900	620x500	850 x 580	800 x 725	720 x 460	900x600	800x630	800x630	660 x 450	650 x 510			
Rozměr beranu	1100x700	600x555	580x500	730x620	900 x 560	560x350	450x280	450x280	450 x 180	450 x 180			
Upnutí nástroje	L kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny	T kameny			
Upínací dutina v beranu	středící drážka	čep, střed drážka	čep, střed drážka	střed drážka	čep	čep	čep	čep	čep	čep			
Max. zdvih beranu	80	60	70	10	90	90	105	105	150	120			
Min. zdvih beranu	10	8	70	10	10	10	18	18	18	8			
Možnosti přestavení zdvihu	10/12/18/24/30/37/43/49, 54/59/64/68/72/75/77/80	8,15/26,38/46/54/58/60	pevný zdvih 70	10,14/22/30/38/47, 54/60/66/71/80	10,20/36/50/64/75, 83/88/90	10-125	10-140	10-140	18,30/51,72/85,98 115,129,146,150	17,22/35,49/63/70, 85,95,103	5,11		
Min. sevření	155	260	0	0	0	0	0	0	0	100			
Přestavitelnost stolu	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Rozsah zdvihu/minutu	40-240	35-140	50-300	50-300	10-140	10-140	10-140	10-140	40-100	40-100			
Stavitelnost beranu	150	175	100	85	80	80	70	70	100	70			
Max. posuv	9999	9999	210	80	9999	-	ruční zakládání	ruční zakládání	ruční zakládání	ruční zakládání			
Max. šířka materiálu	400	250	250	250	300	-	dle nástroje	dle nástroje	470 (+ 80 mm deska)	350 - 450			
Max. výška rozvřeného nástroje	340 + (90 mm deska	570	460	360	470 (+ 80 mm deska)	380	420	420	470 (+ 80 mm deska)	350 - 450			
Odpadový otvor	1000 x 250 (900 x 150	650x140, 390x150	580 x 160	750 x 200	700 x 200	Ø 230	Ø 280	Ø 280	Ø 290	120/230			
Max. výška od stolu k vodicím lochám beranu	280	520	290	290	530	425	400	400	560	350/450			
Maximální síla materiálu	4 mm	3 mm	3 mm	3 mm	3,5	4 mm automat, 7 ohýb	5-7 mm	5-7 mm	3 mm	3 mm			
Přestavování													
rovnáčka	Dreher	Toma	Toma	Toma	K 160 t	K 120 t	Kaiser 100/23/5						
model	1675 BV/11	-	inv. č. 9080	inv. č. 19417	zdvih - sevř. Max/min	zdvih - sevř. Max/min	zdvih - sevř. Max/min						
typ	-	QRM 300/4 A	QRM 300/4 A	QRM 300/4 A	10 - 340/190	8 - 441/266	10 - 396,5/310,5						
vyr. č.	07/376-88	073	012	67/2008	15 - 437,5/262,5	15 - 437,5/262,5	14 - 394,5/308,5						
rok	1989	1993	1993	2008 - CE ano	12 - 339/189	26 - 432/257	22 - 390,5/304,5						
počet válců	2/6 + 5/2	4 + 3	4 + 3	4 + 3	18 - 336/186	38 426/251	30 - 386,5/300,5						

